রসায়ন

প্রথম খণ্ড

সাধারণ ও ভৌত রসায়ন, অজৈব রসায়ন

(একাদশ—দ্বাদশ শ্রেণীর জন্য)

প্রথম পত্র

সমর গুহ, এম. এস-সি.

এম. পি. (লোকসভা-সদস্য)

যাদবপুর বিশ্ববিদ্যালয়ের রসায়নের অধ্যাপক, কেন্দ্রীয় বিদ্যালয় সংগঠনের

বোর্ড অব গভর্নরের অন্যতম সদস্য, প্রাক্তন-অধ্যাপক বিজয়গড়

জ্যোতিষ রায় কলেজ, জগন্নাথ কলেজ, 'পদার্থের

স্বরূপ', 'উত্তরাপথ', 'নেতাজীর মত ও পথ',

'প্রাকৃতিক বিজ্ঞান' প্রভৃতি গ্রন্থের লেখক।

বুক সিণ্ডিকেট প্রাইভেট লিমিটেড

২, রামনাথ বিশ্বাস লেন, কলিকাতা-৯

দ্বিতীয় সংস্করণ : জুলাই—১৯৬০

এই গ্রন্থের দ্বিতীয় খণ্ড—'সাধারণ ও ভৌত রসায়ন', 'অজৈব ও জৈব রসায়ন'।

"এই গ্রন্থ প্রকাশে কেন্দ্রীয় সরকার কর্তৃক প্রদত্ত নিয়ন্ত্রিত
মূল্যের কাগজ ব্যবহৃত হইয়াছে।"

বুক সিণ্ডিকেট প্রাইভেট লিমিটেডের (২, রামনাথ বিশ্বাস লেন, কলিকাতা-৯) পক্ষে শ্রীকৃপাসিন্ধু দাস এম. এ., বি-টি কর্তৃক প্রকাশিত এবং প্রেস্টিজ প্রিন্টার্সের (২, রামনাথ বিশ্বাস লেন, কলিকাতা-৯) পক্ষে শ্রীচঞ্চল ভাওয়াল বি. এস-সি. কর্তৃক মুদ্রিত]

Syllabus of Higher Secondary Chemistry

Group A. **General and Physical Chemistry (marks—40) :**

I. Introduction Chemistry—an experimental science. Elements, Compounds and Mixtures.

II. Laws of Chemical Combination—Dalton's Atomic Theory (critical study), Gay Lussac's law. Atomic weight (definition).

III. Concept of Molecule and Avogadro's Hypothesis. Definition of molecular weight. Simple deductions from Avogadro's Hypothesis. Avogadro number (Determination excluded). Mole Concept.

IV. Symbols, Formula and Valency. Chemical equations and their significance, Stoichiometry, Weight to weight, weight to voulme and volume to volume calculation, Eudiometry. Vapour density (determination omitted), empirical formula and molecular formula.

V. Equivalent weight. Chemical methods of determination of equivalent and atomic weights. Dulong and Petit's Laws. Mitwcherlich's law of isomorphism. Calculations involving atomic and equivalent weights. Calculations on the basis of Mole concept may also be used in numerical problems.

VI. Acidic, Basic, Amphoteric and Neutral Oxides, Hydracids and Oxyacids. Basic oxides and Hydroxides. Normal, Acid and Basic Salts—Hydrolysis. Equivalent weight of Acids, Bases and Salts. Standard solutions—normal and molar (and formal) solutions. Neutralisation, Indicator. Chemical calculations on Acidimetry and Alkalimetry.

VII. Oxidation and Reduction—old Concept and new Electronic Concept. Inter-relation between the two. Oxidation number—balancing equations by oxidation-number method (simple examples only from reactions under the purview of the syllabus). Electropotential series of metals.

VIII. Boyle's Law, Charles' Law, Gas constant R; $PV = nRT$. Dalton's Law of partial Pressures. Graham's Law of diffusion of gases.

Note : Numerical problems on

(i) Dalton's Law of Partial Pressures;

(ii) Graham's Law of diffusion of gases, are not required.

IX. Law of Mass Action. Dynamic Equilibrium and Equilibrium Constant. Le Chatelier Principle and its application to some Industrial reactions.

Note : Numerical Problems on Law of Mass Action are not required.

Group B. **Inorganic Chemistry (Marks—40):**

The Chemistry of an element or a compound mentioned in this syllabus includes Preparation, Properties, Reactions and Uses. Laboratory Process should be included where necessary.

Chemistry of the following :- (Comparative study wherever possible).

I. Oxygen and Hydrogen. Water; Hard water and Soft water. Softening of water. Gravimetric and Volumetric composition of water. Hydrogen peroxide and Ozone.

II. Air: Nitrogen.

III. The Elements—Carbon, Phosphorus, Sulphur and Halogens (Fluorine excluded).

IV. *Oxides* : CO, CO_2, SiO_2, N_2O, NO, N_2O_3, N_2O_4 N_2O_5, P_4O_6, P_4O_{10}, SO_2, SO_3.

V. *Oxyacids* : Nitrous, Nitric, Phosphorous, Phosphoric, Sulphurous and Sulphuric Acids.

VI. Hydrides—Ammonia, Phosphine, Sulphuretted Hydrogen, Hydrochloric, Hydrobromic and Hydriodic Acids.

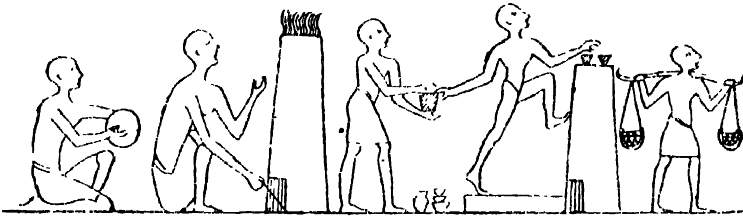
VII. Manufacture (omitting details) of Ammonia (conversion of Ammonia into Ammonium Sulphate and Urea), Nitric Acid, Sulphuric Acid (contact process only) and Super-phosphate of Lime. Coal Gas.

সূচীপত্র

সাধারণ ও ভৌত রসায়ন

অজৈব রসায়ন

রসায়ন বিজ্ঞানের জন্ম ও বিকা[illegible] হইতে [illegible]emistry) : প্রাচীনকালে মিশরে **কিমিয়া** নাম হইতে কি[illegible]mia) গড়িয়া উঠে। কিমিয়া শব্দের অর্থ কালো মাটি। কাঁকর মাটি ও বিভিন্ন খনিজ পদার্থ হইতে তামা, দস্তা, টিন, লোহা ও কাচ এবং ভেষজ জাতীয় জৈব বস্তু হইতে প্রসাধন তৈরী করার যে বিদ্যা মিশর বাসীরা আয়ত্ত করে তাহাই **কিমিয়া** নামে পরিচিত হয়।



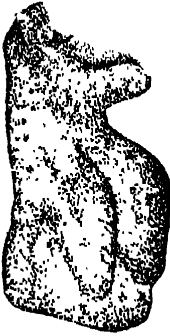
প্রাচীন মিশরে পাত্র নির্মাণ

প্রাচীনকালে কাঁকরমাটি হইতে সোনা, রূপা, তামা, দস্তা, টিন, লোহা, সীসা ইত্যাদি ধাতু নিষ্কাশনের পদ্ধতি ভারতীয়দেরও জানা ছিল। অনেকের মতে সোনা ও লোহা প্রথম আবিষ্কৃত হয় ভারতবর্ষে। ভারতবর্ষ যে ধাতুবিদ্যায় কত পারদর্শী ছিল সম্রাট অশোকের আমলের বিভিন্ন স্থানের লৌহস্তম্ভগুলি এবং অন্যান্য প্রাচীন ধাতুমূর্তি ও পাত্রগুলি তাহার নিদর্শন। ধাতু-ভস্ম, রং, তেল, সুগন্ধি, ঔষধ, ক্ষার, নানা রসসার এবং বিভিন্ন প্রসাধন প্রস্তুতির পদ্ধতি ভারতে জানা ছিল। **আয়ুর্বেদ** নামে সর্বপ্রথম চিকিৎসা বিদ্যা ভারতবর্ষেই গড়িয়া উঠে। আয়ুর্বেদ প্রসঙ্গে বিজ্ঞানী **চরক ও সুশ্রুতের** নাম সুবিদিত। অজন্তার চিত্রাবলী ভারতীয় শিল্পী ও রসায়ন বিজ্ঞানীদের কীর্তি অক্ষয় করিয়া রাখিয়াছে। ভারতে এই **কিমিয়া বিদ্যার** নাম ছিল—**রস-বিদ্যা বা রসায়ন**। খ্রীষ্টজন্মের কয়েক শতাব্দী পরে ভারতে **তান্ত্রিক** নামে এক শ্রেণীর রসায়নবিদের উদ্ভব হয়। তাঁহাদের মধ্যে **ভাগবত, বৃন্দা, শালিবাহন** ও **নাগার্জুনের** নাম সুখ্যাত। ভারতীয় রসায়নবিদেরা যে সমস্ত গ্রন্থ রচনা করেন তাহাদের কয়েকটির নাম—**রসরত্নাকর, রসযোগ, রসহৃদয়, রসচূড়ামনি, সর্বেশ্বর রসায়ন** ইত্যাদি।

প্রাচীনকালে ভারতীয় ঋষি **কণাদ** সর্বপ্রথম **পরমাণুর** কল্পনা করেন। গ্রীক বিজ্ঞানী ডিমোক্রিটাসও প্রায় সমসময়ে **অ্যাটমের** কল্পনা প্রবর্তন করেন তাঁর দর্শন শাস্ত্রে।

মধ্যযুগে আরবদেশীয়েরা মিশর ও ভারতবর্ষ হইতে এই রসায়ন বিদ্যা আয়ত্ত করে। আরবদের মিশর বিজয়ের পরে মিশরীয় 'কিমিয়া' শব্দের সঙ্গে আরবীয় 'আল' শব্দটি যুক্ত

করিয়া তাহারা রসায়ন বিদ্যা ...র। মধ্যযুগে আরবীয় অ্যালকেমিস্টরা ... সাধন ...এবং নানা যন্ত্রাদিও ...ন। আরব দেশের প্রসিদ্ধ অ্যালকেমিস্ট ...-হাইয়ান, আর-রাজী এবং ...সিনা অ্যালকেমী সম্বন্ধে কয়েকটি বিশিষ্ট পুস্তক রচনা করেন।



প্রাচীনকালের ধাতু মূর্তি

চতুর্দশ শতাব্দীতে আরব জাতীয় যোদ্ধাদের স্পেন বিজয়ের পরে পাশ্চাত্য দেশে এই অ্যালকেমী বিদ্যা প্রসার লাভ করে। এরূপ ইয়োরোপীয় অ্যালকেমিস্টদের মধ্যে **রোজার বেকনের** নাম সুপ্রসিদ্ধ। সপ্তদশ শতাব্দীর প্রথম ভাগে আইরিশ বিজ্ঞানী **রবার্ট বয়েল** আধুনিক রসায়ন বা কেমিস্ট্রির সূত্রপাত করেন। ইহার পরে অষ্টাদশ শতাব্দীতে বৃটিশ বিজ্ঞানী **প্রিস্টলী** ও **ক্যাভেনডিশ** এবং সুইডিশ বিজ্ঞানী **শিলি** রসায়ন বিদ্যার প্রভূত উন্নতি সাধন করেন। এরূপ বিদ্যার প্রসারণে ফরাসী বিজ্ঞানী **ল্যাভয়সিয়ারের** অবদান সর্বাধিক। তিনিই মৌলিক পদার্থের সুস্পষ্ট পরিচয় দান করেন এবং অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন এবং অনেক ধাতব মৌলের আবিষ্কার করেন। জল যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে গঠিত একটি যৌগিক পদার্থ, বায়ু যে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণে উৎপন্ন একটি মিশ্র পদার্থ এবং তপ্ত অঙ্গার ও বায়ুর সংযোগে যে কিভাবে আগুন সৃষ্টি হয়,—এরূপ নানা রাসায়নিক তথ্য ও তত্ত্বের আবিষ্কার করিয়া তিনিই রহস্যময় অ্যালকেমী বিদ্যাকে বর্তমান পরীক্ষালব্ধ **কেমিস্ট্রি বিজ্ঞানে** রূপান্তরিত করিতে সক্ষম হন। সেজন্য ল্যাভয়সিয়ারকে আধুনিক কেমিস্ট্রি বিজ্ঞানের জনক বলা হয়।



অ্যালকেমিস্টের যন্ত্র

অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষ এবং ঊনবিংশ শতাব্দীর প্রথম ভাগে বৃটিশ বিজ্ঞানী **ডালটনের** পরমাণুতত্ত্ব বা (Atomic Theory), সুইডিশ বিজ্ঞানী **বার্জিলাসের** মৌলের প্রতীক-চিহ্ন (symbol) প্রবর্তন, ইটালীয় বিজ্ঞানী **অ্যাভোগাড্রোর** অণু বা মলিকুলের কল্পনার প্রবর্তন এবং বৃটিশ বিজ্ঞানী ডেভী ও ফ্যারাডে কর্তৃক তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতির আবিষ্কার ইত্যাদি রসায়ন বিজ্ঞানের প্রভূত উন্নতি সাধন করে। ঊনবিংশ শতাব্দীর শেষার্ধ এবং বিংশ শতাব্দীর প্রথমার্ধে রুশ বিজ্ঞানী **মেণ্ডালিফ** ও জার্মান বিজ্ঞানী **লোথার মেয়ার** কর্তৃক পর্যায়বৃত্ত

তালিকা বা [illegible] র‍্যামজে কর্তৃক নিয়ন, ক্রিপটন, জিনন ই[illegible]লের আ[illegible] [illegible] থমসন কর্তৃক ইলেকট্রন এবং **গোল্ডস্টিন** [illegible] হইতে [illegible] কর্তৃক প্রোটন আবিষ্কার রসায়ন বিজ্ঞানের সামনে নতুন দিগন্ত উন্মুক্ত করে। পরবর্তীকালে ফরাসী বিজ্ঞানী **বেকারেল** কর্তৃক তেজস্ক্রিয়া এবং **ম্যাডাম কুরি** কর্তৃক রেডিয়াম ও পলোনিয়াম আবিষ্কারের ফলে নিউক্লিয়ার-কেমিস্ট্রির ভিত্তি স্থাপিত হয়। বৃটিশ বিজ্ঞানী **রাদারফোর্ড** তেজস্ক্রিয়ার আবিষ্কার ও কারণ নির্ণয় করিয়া পরমাণুর গঠন রহস্যের উদ্ভাবন করেন এবং ডেনিশ বিজ্ঞানী **নীল বোর** তাহার উন্নতি সাধন করেন। 1932 সালে নিউট্রন আবিষ্কার করেন রাদারফোর্ডের ছাত্র বিজ্ঞানী **সাডউইক**। জার্মান বিজ্ঞানীদ্বয়, **হ্যান** ও স্ট্রাসম্যান কর্তৃক



আলকেমিস্টের রসায়নাগার

পরমাণু বিদারণ (Atomic fission) পরীক্ষার সাফল্যের ফলে পরমাণু শক্তির বিস্ফোরণ এবং সেই শক্তিকে একদিকে ধ্বংসাত্মক পরমাণু বোমা ও হাইড্রোজেন বোমার গঠন এবং অন্যদিকে সৃজনাত্মক প্রয়োজনে অ্যাটমিক রি-অ্যাকটার প্রস্তুত করিয়া বিভিন্ন কাজে পরমাণু শক্তি প্রয়োগ করা সম্ভব হইয়াছে।

উনবিংশ শতাব্দীর শেষভাগে ভারতে আবার রসায়ন বিজ্ঞানের চর্চা আরম্ভ হয়। ভারতে এই রসায়ন বিজ্ঞানের পুনঃ প্রবর্তনের পথিকৃৎ—**আচার্য প্রফুল্ল চন্দ্র রায়।** তাঁর রচিত **"হিন্দু-কেমিস্ট্রি'** একটি সুবিখ্যাত পুস্তক। বর্তমানে ভারতের বিভিন্ন গবেষণাগারে ভারতীয় রসায়ন-বিজ্ঞানীরা বিভিন্ন গবেষণায় ব্যাপৃত।

1

ভূমিকা
(Introduction)

রসায়নের ভিত্তি ও ভূমিকা (Introduction : Chemistry an experimental Science) : প্রকৃতি আমাদের কাছে শক্তি ও পদার্থ এই দুইরূপে প্রতিভাত। আলোক, উত্তাপ, তড়িৎ, চুম্বক, ধ্বনি প্রভৃতিরূপে শক্তির (energy) প্রকাশ। পদার্থ আমাদের কাছে জৈব ও অজৈব বস্তুরূপে (Inorganic and organic matters) পরিচিত। 1905 সালের পূর্ব পর্যন্ত বিজ্ঞানী মহলের ধারণা ছিল যে প্রকৃতি শক্তি ও পদার্থ (Energy and Matter)—এরূপ স্থায়ী দ্বয়ী সত্তায় বিভক্ত। কিন্তু সে দিনের পঁচিশ বছরের বিজ্ঞানী আইনস্টাইন 1905 সালে আপেক্ষিক তত্ত্ব (Theory of Relativity) প্রতিষ্ঠা করিয়া এই মূল তত্ত্বটি প্রমাণ করেন যে শক্তি ও পদার্থ মূলতঃ অভিন্ন। প্রকৃতির আদি সত্তা,—একমেবা-দ্বিতীয়ম্। পদার্থ শক্তির সংহতরূপ এবং শক্তি পদার্থের ব্যাপ্ত প্রকাশ। আইনস্টাইন শক্তি ও পদার্থের সম্বন্ধে সূত্র নির্ণয় করিয়াবলেন : $E = mc^2$; অর্থাৎ, শক্তি = বস্তুর ভর × (আলোকের গতিবেগ)^2, এই সূত্রে শক্তির পরিমাপ করা হয় আর্গ (erg) মাত্রায়, ভরের গ্রাম (gram) অনুযায়ী এবং আলোকের গতিবেগ নির্ণয় করা হয় প্রতি সেকেণ্ডে 3×10^{10} সেন্টিমিটার (cm/sec) হিসাবে। এক গ্রাম পদার্থ বা বস্তু 9×10^{20} আর্গ (erg) পরিমাণ শক্তির সমান। অর্থাৎ এক গ্রাম পদার্থকে শক্তিতে রূপান্তরিত করিলে এরূপ শক্তির উদ্ভব হইবে।

শক্তি ও পদার্থের বৈজ্ঞানিক চর্চা করা হয় মূলত দুইটি পৃথক শাখায়। যে বিজ্ঞানচর্চা শক্তি সমূহের মূল স্বরূপ ও প্রকৃতির পর্যবেক্ষণ, পর্যালোচনা ও বিশ্লেষণ করিয়া ইহাদের অভিব্যক্তির পদ্ধতি ও সূত্র সন্ধান করে এবং ইহাদের প্রয়োগ বিধি অনুধাবন করিয়া ব্যবহারিক প্রয়োজনে উপযোগ করে,—তাহাকে বলা হয় **ভৌত বিজ্ঞান** (Physics) ; পক্ষান্তরে, যে বিজ্ঞান-চর্চা বস্তু বা পদার্থের মূল স্বরূপ, প্রকৃতি ও ধর্মের পর্যবেক্ষণ, পর্যালোচনা ও বিশ্লেষণ করিয়া ইহাদের ব্যবহারের পদ্ধতি ও ধর্ম সংক্রান্ত সূত্রের সন্ধান করে এবং বিভিন্ন শ্রেণীর পদার্থের প্রয়োগ বিধি অনুধাবন করিয়া ব্যবহারিক প্রয়োজনে ইহাদের উপযোগ করে,—তাহাকে বলা হয় **রসায়ন** (Chemistry)।

1·1. রসায়নের পরীক্ষামূলক ভিত্তি (Experimental basis of chemistry) : দর্শন শাস্ত্রের ভিত্তি কল্পনা-নির্ভর এবং ইহার সূত্র সমূহ তর্ক-সাপেক্ষ। কিন্তু বিজ্ঞানের ভিত্তি তথ্য-নির্ভর পর্যবেক্ষণ, পর্যালোচনা ও পরীক্ষা-ভিত্তিক। রসায়ন বিজ্ঞানের ভিত্তিও অনুরূপ।

উদাহরণ স্বরূপ কাঠ কয়লার প্রজ্বলনের ঘটনাটি পর্যালোচনা করা যাক। কাঠ বা কয়লা জ্বালাইবার জন্য বায়ুর প্রয়োজন, বায়ুর অভাব ঘটিলে আগুন নিভিয়া যায়। এরূপ ঘটনা বা পরীক্ষার পর্যালোচনায় বোঝা যায় যে **কাঠ বা কয়লা জ্বালাইবার জন্য বায়ুর প্রয়োজন।**

বায়ু মূলত অক্সিজেন ও নাইট্রোজে ... যে শুধু-
মাত্র অক্সিজে ... মধ্যে ... জ্বলে না।
অর্থাৎ নাইট্রো ... এরূপ দ্বিতীয় পরীক্ষায় জানা যায় যে
কাঠ বা কয়লা ... প্রয়োজন। আরও দেখা যায় যে বায়ুতে
কাঠ রাখিয়া দিলে বায়ু অথ ... জেনের সঙ্গে কাঠ বা কয়লার সংযোগ ঘটিলেও
ইহা জ্বলিয়া ওঠে না। কাঠ বা কয়লা প্রজ্বলনের জন্য দিয়াশলাই বা অন্য কোন অগ্নিশিখার সাহায্যে **কাঠ বা কয়লাকে একটি বিশেষ তাপমাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করিতে হয়।** এরূপ তাপমাত্রা অর্জন করিলে কাঠ বা কয়লার সঙ্গে বায়ুর অক্সিজেনের সংযোগে ইহা জ্বলিয়া ওঠে।

রসায়ন বিজ্ঞানের প্রতিটি তত্ত্ব, তথ্য ও প্রয়োগবিধি এরূপ পরীক্ষা-নির্ভর। সুতরাং বলা যায়, যে প্রাকৃতিক বা গবেষণাগারে বস্তু বা পদার্থ সংক্রান্ত কোন ঘটনার (i) পর্যবেক্ষণ ও পরীক্ষা (i) পরীক্ষালব্ধ তথ্যসমূহের বিন্যস্তকরণ এবং সম প্রকৃতির তথ্য সমূহের বিভিন্ন ধর্মের সামঞ্জস্যের বা পার্থক্যের কারণ বিশ্লেষণ, (iii) ঘটনার কারণ নির্ণয়ের পরে ঘটনা পুনঃ সংগঠনের সাপেক্ষে তত্ত্ব, নীতি ও ইহার প্রয়োগবিধি সংক্রান্ত সিদ্ধান্ত গ্রহণ --এরূপ বিভিন্ন পর্যায়ের পরীক্ষালব্ধ ফলাফল তথা তথ্যসমূহের পর্যালোচনা এবং পর্যালোচনা-প্রসূত তত্ত্ব ও নীতির নির্ণয়ের মাধ্যমে রসায়ন বিজ্ঞানের উদ্ভব, প্রসার ও প্রগতি সম্ভব হইয়াছে ও হইতেছে।

1·2. প্রকল্প, তত্ত্ব ও সূত্র (Hypothesis, Theory and Law) ঃ পদার্থের অবস্থা, পরিবর্তন বা বিক্রিয়ার পর্যবেক্ষণ বা পরীক্ষালব্ধ তথ্যসমূহের পর্যালোচনা করিয়া ইহার কার্য, কারণ ও ফলাফলের সম্বন্ধ নির্ণয়ের প্রচেষ্টায় যে মৌলিক যুক্তির উপরে নির্ভর করিয়া রাসায়নিক নীতি, পদ্ধতি বা নিয়ম সম্বন্ধে সাধারণ সিদ্ধান্ত করা হয় সেই সিদ্ধান্তকে রাসায়নিক **প্রকল্প** বা **তত্ত্ব** অথবা **সূত্র** বলা হয়।

রাসায়নিক প্রকল্প (Chemical Hypothesis) ঃ পরীক্ষা-নির্ভর নয়---যদি এরূপ কোন কল্পিত যুক্তির উপরে নির্ভর করিয়া রাসায়নিক নীতি বা নিয়ম অথবা পদ্ধতি সম্বন্ধে কোন সাধারণ সিদ্ধান্ত করা হয় এবং এরূপ সিদ্ধান্তের সাহায্যে কোন কোন রাসায়নিক অবস্থা বা পরিবর্তনের কার্য-কারণ-ব্যাখ্যা করা হয় তাহা হইলে সেই সিদ্ধান্তকে বলা হয় **প্রকল্প**।

রাসায়নিক তত্ত্ব (Chemical Theory) ঃ কোন কল্পিত রাসায়নিক নীতি বা নিয়মের ভিত্তি করিয়া রাসায়নিক পরীক্ষার ফলাফল ব্যাখ্যা করা সম্ভব হইলে সেই নীতি বা নিয়মকে বলা হয় **রাসায়নিক তত্ত্ব**।

রাসায়নিক সূত্র (Chemical Law) ঃ রাসায়নিক পরীক্ষালব্ধ প্রত্যক্ষ ফলাফলের উপর নির্ভর করিয়া যদি কোন রাসায়নিক অবস্থা বা পরিবর্তন অথবা বিক্রিয়া সম্বন্ধে বিশেষ কোন সাধারণ নিয়ম বা নীতি প্রবর্তন করা হয়, তাহা হইলে সেই নিয়ম বা নীতিকে বলা হয় **রাসায়নিক সূত্র**।

রাসায় [illegible] না নাই। প্রকল্প দ্বারা সাধারণত পদার্থের বিশে- [illegible] কৃতি বিশ্লেষণ করা হয়। পক্ষান্তরে, রাসায়নিক তত্ত্বে [illegible] এবং পরীক্ষাদির কার্য-কারণ ও ফলাফল ব্যাখ্যা করা হয়। [illegible] প্রত্যক্ষভাবে প্রমাণিত হইলেই রাসায়নিক সূত্রের আখ্যা লাভ করে। ঐ [illegible] অ্যাভোগাড্রোর যে পরিকল্পিত নীতিকে **অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প** (Avogadro's Hypothesis) বলা হইত বর্তমানে তাহা পরীক্ষিত সত্য বলিয়া উহাকে এখন **অ্যাভোগাড্রোর সূত্র** (Avogadro's Law) বলা হয়। ডালটনের পরমাণুর কল্পনাও এখন প্রত্যক্ষ পরীক্ষিত সত্য বলিয়া **ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্বকেও** (Dalton's Atomic theory) এখন **পারমাণবিক সূত্র** (Atomic Law) বলে।

1·3. রসায়ন বিজ্ঞানের বিভিন্ন শাখা (Different branches of Chemistry) ঃ প্রথমে রসায়ন বিজ্ঞান—(i) **অজৈব রসায়ন** (Inorganic Chemistry) এবং (ii) **জৈব রসায়ন** (Organic Chemistry)—এরূপ দুইটি মূল শ্রেণীতে বিভক্ত ছিল। **অজৈব রসায়নের** ক্ষেত্র ছিল অজৈব বস্তুর প্রকৃতি বিশ্লেষণ, ধর্ম নির্ণয় এবং এরূপ পরীক্ষালব্ধ ফলাফলের ব্যবহারিক প্রয়োগ। সেইরূপ **জৈব রসায়নের** ক্ষেত্রও ছিল জৈব বস্তুর বিশ্লেষণ, ধর্ম নির্ণয় এবং পরীক্ষালব্ধ ফলাফলের ব্যবহারিক প্রয়োগ। যেহেতু মৌলিক পদার্থ **কার্বন** (Carbon) সমস্ত জৈব বস্তু বা পদার্থের অবিচ্ছেদ্য অংশ, সেইজন্য বর্তমানে জৈব রসায়নকে **কার্বন যৌগের রসায়ন**ও (Chemistry of Carbon compounds) বলা হয়।

বর্তমানে রসায়ন বিজ্ঞানের ক্ষেত্র বিভিন্নভাবে বিস্তার লাভ করায় ইহা বিভিন্ন শাখায় বিভিন্ন উপনামে পরিচিত। রসায়ন বিজ্ঞান এরূপ বিভিন্ন শাখায় ক্রমশঃ প্রসারশীল। বর্তমানে বিশেষ পরিচিত কয়েকটি শাখার নাম ঃ

(1) **অজৈব রসায়ন** (Inorganic Chemistry) ঃ অজৈব বস্তুর ধর্ম, বিক্রিয়া এবং ব্যবহার ইহার অনুধাব্য বিষয়।

(2) **জৈব বা কার্বন যৌগের রসায়ন** (Organic Chemistry or Chemistry of Carbon Compounds) ঃ ইহার চর্চায় জৈব বস্তুর ধর্ম, বিক্রিয়া ও ব্যবহার অনুধাবন করা হয়।

(3) **ভৌত বা তাত্ত্বিক রসায়ন** (Physical Chemistry) ঃ এই শাখার প্রধান আলোচ্য বিষয় রসায়নের মূল তত্ত্ব বা থিয়োরী সমূহ (Theoretical chemistry).

(4) **বিশ্লেষণী রসায়ন** (Analytical Chemistry) ঃ এই শাখায় বিভিন্ন যৌগ ও মৌলের সনাক্তকরণ (detection) এবং ইহাদের পরিমাণ (estimation) নির্দেশের পদ্ধতি প্রধান আলোচ্য ও পরীক্ষণীয় বিষয়।

(5) **ফলিত বা শিল্প** ...mistry) : কিভাবে মৌল ও যৌগ রসা... ...প্রকৃত... ব্যবহার করা যায়—তাহা ... ...র বিষয়। ...

(6) **জীব-র...** ... প্রাণী ও উদ্ভিদের দেহে যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে তাহার অনুধাবন ... ...ই, ভিটামিন, পুষ্টিকর খাদ্য এবং অন্যান্য রাসায়নিক দ্রব্য প্রাণী ও উদ্ভিদের জীবনে কিরূপভাবে কল্যাণ সাধনে সক্ষম তাহা এই শাখার প্রধান আলোচ্য ও পরীক্ষণীয় বিষয়।

(7) **কৃষি-রসায়ন** (Agricultural Chemistry) : কৃষিজাত পণ্যের উৎপাদন, সমৃদ্ধি এবং কিরূপ রাসায়নিক প্রকরণে ইহাদের উৎপাদনের উন্নতি বিধান সম্ভব, —তাহা এই শাখার প্রধান আলোচ্য ও পরীক্ষণীয় বিষয়।

(8) **নিউক্লিয়ার-রসায়ন** (Nuclear Chemistry) : পরমাণুর বিদারণ বা সংযোজনে কিভাবে তাপ ও বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন করা যায় এবং ইহাদের তেজস্ক্রিয় রশ্মি (Radioactive rays) কিভাবে বিভিন্ন রোগ নিরাময়ে এবং প্রাণী ও কৃষিজাত পণ্যের উৎপাদন বৃদ্ধি ও তাহা সংরক্ষণের কাজে ব্যবহার করা যায়,—এই শাখার তাহাই প্রধান আলোচ্য ও পরীক্ষণীয় বিষয়।

(9) **আয়ুর্বেদ বা ঔষধি রসায়ন** (Chemistry of Medicines) : রাসায়নিক মৌল বা যৌগ প্রয়োগে কিভাবে প্রাণী ও জীবের রোগ নিরাময় করা যায়—তাহা এই শাখার প্রধান আলোচ্য ও পরীক্ষণীয় বিষয়।

উচ্চ মাধ্যমিক শ্রেণীর পঠিতব্য বিষয় প্রধানতঃ অজৈব ও জৈব রসায়নের মূল তথ্য ও তত্ত্ব এবং তাহার সংশ্লিষ্ট ভৌত বা তাত্ত্বিক রসায়ন।

1·4. পদার্থের পরিচয় : মৌল, যৌগ ও মিশ্র পদার্থ (Element, Compound and Mixture)

আমাদের মহাবিশ্বে বিপুল, বিশাল ও অগণিত ক্ষুদ্রকায় ও অতিকায় উল্কা, গ্রহ, উপগ্রহ, নক্ষত্র, ধূমকেতু, তারকাপুঞ্জ, নীহারিকা ইত্যাদি সকল জ্যোতিষ্কই পৃথিবীর ন্যায় পদার্থ দ্বারা গঠিত। বিভিন্ন জ্যোতিষ্কের পদার্থের মধ্যে শুধু অবস্থা, প্রকার ও পরিমাণগত পার্থক্য বিদ্যমান, পদার্থের পরিচয়, ধর্ম, প্রকৃতি ইত্যাদির চর্চা রসায়ন বিজ্ঞান অধ্যয়নের বিষয়।

রসায়ন বিজ্ঞান (Chemistry) : (i) অগণিত বস্তুসমূহ কিরূপ মৌলিক পদার্থ দ্বারা কিভাবে গঠিত ; (ii) বস্তুর স্বাধীন-সত্তা-বিশিষ্ট অস্তিত্বের পরিচয় কি ; (iii) বিভিন্ন বস্তুর নিজস্ব ধর্মের বৈশিষ্ট্য কি ; (iv) এক প্রকার বস্তু বিশ্লেষণ করিয়া ভিন্ন ধর্মের কিরূপ একাধিক বস্তু পাওয়া যায় ; (v) বিভিন্ন ধর্মের বস্তু সমূহের পারস্পরিক বিক্রিয়ায় নতুন ধর্মের কিরূপ বস্তু গঠিত হয় ; (vi) জৈব জীবনে এরূপ বস্তুগুলি কিভাবে গঠিত এবং জৈব জীবনের ক্ষেত্রে এরূপ বস্তুগুলি কিরূপ বিক্রিয়া ঘটায় ; (vii) কিভাবে প্রাকৃতিক বস্তু বিশুদ্ধ করিয়া সংগ্রহ করা যায়

এবং তাহ... মানবসভ্যতার প্রগতির প্রয়োজনে বিভিন্ন বস্তুর ... রহস্য ... বিভিন্ন বিষয়ের তাত্ত্বিক পরীক্ষা সম্পর্কিত এবং ব্যবহারিক ... হইতেছে ... ভিত্তি।

আমাদের পৃথিবীর অগণিত ও অজস্র ... শ্রেণীর পদার্থ পাওয়া যায়। যথাঃ (i) **মৌলিক পদার্থ বা মৌল** (Element); (ii) **যৌগিক পদার্থ বা যৌগ** (Compound) এবং (iii) **মিশ্র পদার্থ** (Mixture)।

(i) **মৌলিক পদার্থ বা মৌল** (Element)ঃ মৌলিক পদার্থ বা মৌল বলা হয় সেই সব মূল পদার্থকে যাহা বিশ্লেষণ করিয়া অন্য কোন নূতন বা মূলত ভিন্ন পদার্থ পাওয়া যায় না।

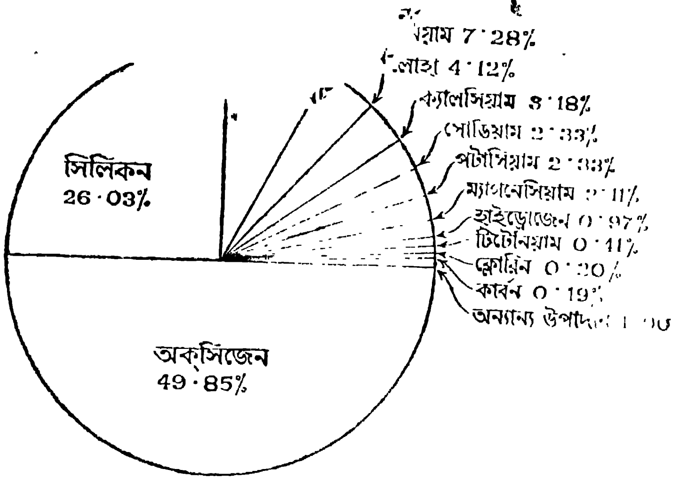
হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, সোনা, লোহা বা পারদ—এক একটি মৌলিক পদার্থ বা মৌল। শত চেষ্টা করিয়াও হাইড্রোজেনকে বিশ্লেষণ করিয়া অন্য নূতন কোন পদার্থ পাওয়া সম্ভব নয়। সেরূপ শত বিশ্লেষণের পরেও পারদ (মার্কারী) সব সময়ে পারদ এবং লোহা সব সময়ে লোহাই থাকে। কিন্তু জল বিশ্লেষণ করিয়া পাওয়া যায়—হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন। তাই জল মৌলিক পদার্থ নয়। কিন্তু হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন বিশ্লেষণ করিয়া আর কোন নূতন পদার্থ পাওয়া যায় না। সুতরাং হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন **মৌলিক পদার্থ** বা **মৌল**। মৌলগুলি স্বাভাবিক অবস্থায় কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় হয়। যেমনঃ

কঠিন মৌলিক পদার্থ		তরল মৌলিক পদার্থ
সোনা (গোল্ড)	পটাসিয়াম	পারদ (মার্কারী)
রূপা (সিলভার)	সোডিয়াম	ব্রোমিন
তামা (কপার)	অ্যালুমিনিয়াম	**গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থ**
লোহা (আয়রন)	ম্যাগনেসিয়াম	হাইড্রোজেন
দস্তা (জিঙ্ক)	ফসফরাস	অক্সিজেন
টিন	কার্বন (অঙ্গার)	নাইট্রোজেন
সীসা (লেড)	গন্ধক (সালফার)	ফ্লুরিন
প্লাটিনাম	আয়োডিন	ক্লোরিন
নিকেল	সিলিকন	হিলিয়াম
ম্যাঙ্গানিজ	রেডিয়াম	নিয়ন
ক্যালসিয়াম	ইয়ুরেনিয়াম	আরগন ইত্যাদি।

ভূপৃষ্ঠে যে পরিমাণে বিভিন্ন মৌল পাওয়া যায় পরপৃষ্ঠার চিত্রে তাহার মোটামুটি পরিমাপ দেওয়া হইল।

প্রাকৃতিক মৌল 92টি, কিন্তু চারটি মৌল বর্তমানে পাওয়া যায় না। ভূপৃষ্ঠের বস্তুরাশির 99 ভাগ পদার্থ মাত্র 12টি মৌল দ্বারা গঠিত, বাকী 1 ভাগ পদার্থে পাওয়া যায় 76টি মৌল।

পরমাণুর বিভাজন পদ্ধতি আবিষ্ক ... হইয়াছে।
একমাত্র প্লুটোনিয়াম ... মৌলগুলি



ক্রমে ক্রমে রূপান্তরিত হইয়া মৌল ধাতু সীসায় পরিণত হয়। [মৌলগুলির নাম দ্বিতীয় খণ্ডে পরমাণুর সংগঠন অধ্যায়ে দেখ]

(ii) **যৌগিক পদার্থ বা যৌগ** (Compound) : **যৌগিক পদার্থ** বা **যৌগ** বলা হয় সেইসব পদার্থকে যাহাদের বিশ্লেষণ করিয়া দু'টি বা তাহার বেশি মৌলিক পদার্থ পাওয়া যায়, অথবা, দুই বা ততোধিক মৌল নির্দিষ্ট ওজনে পরস্পর সংযুক্ত হইয়া যে পদার্থ গঠন করিতে পারে তাহাই **যৌগ** বা **যৌগিক পদার্থ**। যৌগিক পদার্থ গঠিত হয় নির্দিষ্ট ওজনের একাধিক মৌলিক পদার্থের পারস্পরিক সংযোগে।

জল, লবণ, চিনি, আসিড এবং ক্ষার—এই সবই যৌগিক পদার্থ বা যৌগ। জল তরল পদার্থ কিন্তু যে-মৌলিক পদার্থ দুইটির দ্বারা জল গঠিত তাহা গ্যাসীয় পদার্থ,—অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন। লবণ মৌলিক পদার্থ সোডিয়াম ও ক্লোরিন দ্বারা তৈরী। লবণ আমরা খাই, কিন্তু সোডিয়াম জিভে দিলে জিভ পুড়িয়া যায় এবং হরিদ্রাভ সবুজ বর্ণের ক্লোরিন একটি বিষাক্ত গ্যাস। লবণের মধ্যে সোডিয়াম ও ক্লোরিনের কোন ধর্মই নাই। লবণের ধর্ম সম্পূর্ণভাবে আলাদা। চিনি মিষ্টি, কিন্তু চিনি যে তিনটি মৌলিক পদার্থ—কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন—দ্বারা তৈরী তাহার মধ্যে একটিরও মিষ্টত্ব নাই। সুতরাং দেখা যায়, মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত হইলেও যৌগিক পদার্থের ধর্ম সেই মৌলিক পদার্থগুলি হইতে আলাদা।

পৃথিবীর অধিকাংশ বস্তুই যৌগ বা যৌগিক পদার্থ তথা কম্পাউণ্ড। যৌগিক পদার্থকে আবার দুই শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। যথা: **জৈব যৌগিক পদার্থ** (organic compound) ও **অজৈব যৌগিক পদার্থ** (inorganic compound)। সাধারণত উদ্ভিদ ও প্রাণী হইতে যে-সমস্ত বস্তু পাওয়া যায় সেইগুলিকে বলা হয় জৈব পদার্থ। বিস্ময়ের কথা

এই যে ... ন ও অক্সিজেন,—মাত্র তিন রকম মৌলিক পদ... মোম, পেট্রল, কাঠ, কয়লা—এরূপ সবকিছুর মধ্যে প্রান্ত আ... পরিমাণ, হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন। খনিজ ... অ্যামোনিয়া, কার্বন ডাই-অক্সাইড, মাটি ইত্যাদি বস্তুগুলি অজৈব পদা...

যৌগের বৈশিষ্ট্যঃ (i) যৌগ দুইটি বা ততোধিক মৌলের সংযোগে সমসত্ত্ব (homogeneous) পদার্থরূপে গঠিত, (ii) সংযোগী মৌলগুলি পরস্পরে যুক্ত হয় নির্দিষ্ট পরিমাণ ওজনে; ((iii) মৌলগুলির নিজস্ব ধর্ম হইতে একটি সম্পূর্ণ পৃথক ধর্ম সৃষ্টি হয় যৌগের মধ্যে; (iv) রাসায়নিক পদ্ধতি ভিন্ন অন্য কোন ভৌতিক উপায়ে যৌগের কাঠামো হইতে সংযোগী মৌলগুলি পৃথক করা যায় না; এবং (v) কোন যৌগ গঠনের বা বিয়োজনের সময়ে আলোক বা উত্তাপ বা তড়িৎ ইত্যাদির উদ্ভব বা অভাব ঘটে।

(iii) মিশ্র পদার্থ (Mixture) ঃ মিশ্র পদার্থ বলা হয় সেই পদার্থকে যার মধ্যে যে-কোন পরিমাণে একাধিক মৌলিক বা যৌগিক পদার্থ মিশ্রিত করিলে এরূপ মিশ্রণের মধ্যে ভিন্ন রাসায়নিক ধর্মের কোন নূতন পদার্থ সৃষ্ট হয় না; বরং মিশ্রিত অবস্থায় ইহার মধ্যে উপাদানগুলির স্ব স্ব ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বজায় থাকে। একাধিক মৌলিক পদার্থ, বা মৌলিক ও যৌগিক পদার্থ, অথবা যৌগিক ও যৌগিক পদার্থ মিশ্রিত করিয়া মিশ্র পদার্থ তৈরী করা যায়।

বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ। বায়ুর নিজের কোন আলাদা ধর্ম নাই—অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের যুক্ত ধর্মই বায়ুর ধর্ম। সমুদ্র-জল যৌগিক পদার্থ লবণ ও জলের একটি মিশ্র পদার্থ। সমুদ্র-জল লবণের জন্য লবণাক্ত এবং জলের জন্য সিক্ত-ধর্মী। কিন্তু লবণ ও জলের ধর্ম ছাড়া সমুদ্র-জলের অন্য কোন আলাদা ধর্ম নাই। মাটি একটি মিশ্র পদার্থ। মাটি বিভিন্ন রকম যৌগিক পদার্থের মিশ্রণে গঠিত। দুধ একটি মিশ্র পদার্থ। ইহা জল ও স্নেহজাতীয় পদার্থের মিশ্রণরূপে গঠিত।

লোহা ও গন্ধকের মিশ্র ও যৌগিক পদার্থ (Compound and mixture of sulphur and iron) ঃ লোহা ও গন্ধক দুইটি মৌলিক পদার্থ। এই পদার্থ দুইটির কয়েকটি বিশেষ ধর্ম ঃ (i) লোহা চুম্বক দ্বারা আকর্ষিত হয়, কিন্তু গন্ধক আকর্ষিত হয় না। (ii) লোহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং তাহার ফলে হাইড্রোজেন গ্যাস তৈরী হয়। হাইড্রোজেন গ্যাসের কোন গন্ধ নাই কিন্তু গ্যাসটি আগুনের সংস্পর্শে জ্বলিয়া ওঠে। কিন্তু গন্ধক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না। (iii) লোহা কার্বন ডাই-সালফাইড নামক তরলে দ্রবীভূত হয় না, কিন্তু গন্ধক দ্রবীভূত হয়। [এই তরল কার্বন ও গন্ধকের একটি যৌগিক পদার্থ।] লোহা ও গন্ধকের এরূপ পৃথক্ ধর্মের বৈশিষ্ট্যের কথা স্মরণ রাখিয়া নীচের পরীক্ষায় দেখা যায় ঃ

(ক) লোহা ও গন্ধকের মিশ্রপদার্থের পরীক্ষা (Experiments with the mixture of iron and sulphur) ঃ এক চামচ লোহার গুঁড়ার সঙ্গে এক চামচ

বা প্রায় আধ-চামচ গন্ধকচূর্ণ মিশাও ... য়া বেশ ঝাঁকাইয়া লও এবং এরূপ মিশ ... য়া ছ ...

(i) কালো ... য়া মিশ্র প... র্থের রং দেখিতে হইবে অনেকটা বাদামী। ... কোন তাপ সৃষ্টি হইবে না। (iii) একটি কাচের 'লেন্‌স্' দিয়া মিশ্র পদা ... ও লোহার কণাগুলির বিচ্ছিন্ন ও আলাদা অস্তিত্ব দেখা যাইবে। (iv) মিশ্রণের সামনে চুম্বক ধর। মিশ্রিত পদার্থের লোহার গুঁড়া চুম্বকে আকর্ষিত হইবে। (v) মিশ্র পদার্থের কিছু অংশ একটি পরীক্ষা-নলে রাখিয়া তাহার মধ্যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢাল। অ্যাসিডে লোহা দ্রবীভূত হইবে এবং গন্ধহীন হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হইবে, কিন্তু গন্ধক অদ্রবীভূত অবস্থায় পরীক্ষা-নলের নীচে পড়িয়া থাকিবে। (iv) একটি পরীক্ষা নলে কার্বন-ডাই-সালফাইড তরল লও এবং তাহার মধ্যে কিছু লোহা ও গন্ধকের মিশ্রণ মিশাও। তরলের মধ্যে গন্ধক দ্রবীভূত হইবে, কিন্তু লোহা তরলের নীচে অদ্রাব্যরূপে পড়িয়া থাকিবে।

লোহা ও গন্ধকের এরূপ একত্রে মিশ্রিত পদার্থটি একটি মিশ্রণ। তাই মিশ্রণের মধ্যে লোহা ও গন্ধকের নিজ নিজ ধর্ম আলাদাভাবে বজায় রহিয়াছে।

(খ) লোহা ও গন্ধকের যৌগিক পদার্থের পরীক্ষা (Experiments with the compound of iorn and sulphur): এখন 4 গ্রাম গন্ধকের গুঁড়ার সঙ্গে 7 গ্রাম লোহার গুঁড়া একটি খলের মধ্যে মাড়িয়া ভাল করিয়া মিশাও। এই মিশ্রিত পদার্থটি একটি পরীক্ষা-নলে ভর এবং বুনসেন দীপের কড়া তাপে উত্তপ্ত করিয়া গলাইয়া ফেল। এই পদার্থটি দেখিতে হইবে একটি পিণ্ডের মত। ইহাকে খল-নুড়ির সাহায্যে গুঁড়া বা চূর্ণ কর।

(i) গন্ধক ও লোহার একত্রে গলিত-পদার্থটি দেখিতে হইবে কালো। (ii) গন্ধক ও লোহার গলনের সময় তাপ সৃষ্টি হইবে। (iii) এই কালো পদার্থটির গুঁড়া একটা সাদা কাগজে ছড়াইয়া দাও এবং একটি কাচের 'লেন্‌স্' দিয়া ইহা দেখ। গুঁড়ার মধ্যে গন্ধক বা লোহার কোন বিচ্ছিন্ন কণা খুঁজিয়া পাইবে না। (iv) এই গুঁড়া বা চূর্ণিত পদার্থের সামনে চুম্বক আনিয়া ধর, কোন কণা চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হইবে না। (v) কার্বন ডাই-সালফাইড তরল একটি পরীক্ষা-নলে লইয়া তাহার মধ্যে কিছু গুঁড়া মিশাও। তরলে কিছুই দ্রবীভূত হইবে না। (vi) পরীক্ষা-নলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড লও এবং তাহার মধ্যে কিছু গুঁড়া মিশাও। এবার একটি গ্যাস তৈরী হইবে কিন্তু সেই গ্যাস হাইড্রোজেন নয়। এই গ্যাসের গন্ধ হইবে পচা ডিমের মত [এই গ্যাস সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন]।

গন্ধক ও লোহার দ্বিতীয় ধরনের সংযোগে যে নূতন পদার্থটি তৈরী হইয়াছে তাহার মধ্যে গন্ধক ও লোহার কোন ধর্মই বজায় নাই। এরূপ সংযোগে আয়রন-সালফাইড নামের ভিন্ন ধর্মের একটি নূতন পদার্থ তৈরী হইয়াছে। এই পদার্থটি তাই একটি যৌগিক পদার্থ।

মিশ্র পদার্থের বৈশিষ্ট্য: (i) সংযোগী পদার্থগুলিকে যে কোন ওজন বা আয়তনে মিশ্রিত করিয়া মিশ্র পদার্থ তৈরী করা যায়; (ii) মিশ্র পদার্থ সমসাত্ত্বিক নয়। অর্থাৎ যে কোন অংশে ইহার ঘনত্ব সমান নয়; (iii) মিশ্র পদার্থের উপাদানগুলির নিজস্ব ধর্ম বজায় থাকে

বলিয়া ইহা ... ...ত্বিক বা ভৌতিক উপায়ে মিশ্র পদার্থের উপা... ...স্থির, ...গুণের উদ্ভব বা অভাব ঘটে না। ... ...পরিমাণ ... হইবে

কিন্তু দ্রবণ জাতীয় মিশ্র পদার্থের ক্ষেত্রে ... ...শর্তটি প্রযোজ্য নয়।

1·5. যৌগিক ও মিশ্র পদার্থের পার্থক্য (...ence between Compound and Mixture)

মিশ্র পদার্থ বা সাধারণ মিশ্রণ (Mechanical mixture)	রাসায়নিক যৌগিক পদার্থ (Chemical compounds)
1. দুইটি বা তাহার বেশি যে-কোন পদার্থকে যে-কোন পরিমাণে বা ওজনের অনুপাতে মিশাইয়া মিশ্র পদার্থ গঠন করা যায়। [দ্রবণ জাতীয় মিশ্র পদার্থের ক্ষেত্রে দ্রাবকের দ্রবণীয়তা নির্দিষ্ট।]	1. যৌগিক পদার্থের উপাদানরূপে বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের মৌলিক অনুপাত সব সময়ে নির্দিষ্ট রাখিয়া যৌগ না ... যৌগিক পদার্থ গঠন করা যায়।
2. মিশ্র পদার্থ গঠনের ফলে উপাদানগুলির মধ্যে শুধু ভৌত পরিবর্তন ঘটে, উত্তাপের কোন তারতম্য হয় না। [দ্রবণের ক্ষেত্রে অনেক সময় তাপের তারতম্য ঘটে।]	2. যৌগিক পদার্থ গঠনে উপাদানগুলির মধ্যে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে; তাই যৌগ গঠনের সময়ে অবশ্যই তাপের তারতম্য ঘটে।
3. মিশ্র পদার্থের মধ্যে উপাদানগুলির নিজ নিজ ধর্ম আলাদাভাবে বজায় থাকে। মিশ্র পদার্থের কোন নিজস্ব আলাদা ধর্ম সৃষ্টি হয় না।	3. যৌগিক পদার্থের মধ্যে উপাদানগুলির স্বতন্ত্র রাসায়নিক ধর্ম বিলুপ্ত হইয়া যায় এবং যৌগিক পদার্থের একটি নিজস্ব রাসায়নিক ধর্ম গড়িয়া ওঠে।
4. মিশ্র পদার্থের মধ্যে উপাদানগুলি বিক্ষিপ্ত ও বিচ্ছিন্নভাবে পরস্পরের পাশাপাশি অবস্থিত থাকে বলিয়া সহজেই ভৌতিক বা যান্ত্রিক পদ্ধতিতে উপাদানগুলি পৃথক করা যায়।	4. যৌগিক পদার্থের মধ্যে উপাদানগুলির পরমাণু পরস্পরের সঙ্গে অবিচ্ছিন্নভাবে সংযুক্ত থাকে বলিয়া পরস্পর হইতে উপাদানগুলিকে সহজে পৃথক করা যায় না।
5. সাধারণ মিশ্র পদার্থের মধ্যে উপাদানগুলি পরস্পরে **অসমসত্ত্বভাবে** (heterogeneous) মিশ্রিত থাকে (দ্রবণের ক্ষেত্রে সমসত্ত্ব ভাবে মিশ্রিত থাকে)।	5. যৌগিক পদার্থের মধ্যে উপাদানগুলি **সমসত্ত্বভাবে** (homogeneous) সংযুক্ত থাকে।
6. মিশ্র পদার্থের গলনাংক বা স্ফুটনাংকের কোন স্থিরতা নাই। [সম্পৃক্ত দ্রবণের স্ফুটনাংক নির্দিষ্ট]	6. যৌগিক পদার্থের গলনাংক বা স্ফুটনাংক সব সময় সুনির্দিষ্ট।

1·6. মিশ্র পদার্থরূপে [illegible] **solution as a mixture):** দ্রবণ [illegible] (solution) মধ্যে যৌগি[illegible] of compounds) বর্তমান থাকে। এরূপ বৈশিষ্ট্য[illegible]ের **মিশ্র পদার্থ** (special type of mixture) বলা হয়। [illegible]রূপ :

(i) দ্রবণ সাধারণত কঠিন ও তরল বা দুইটি তরল পদার্থের মিশ্র পদার্থ। কিন্তু দ্রবণের মধ্যে কঠিন ও তরল পদার্থ, অর্থাৎ দ্রবণের মধ্যে দ্রাবক ও দ্রাব সমভাবে মিশ্রিত থাকে। তাই প্রতি ফোঁটা লবণ জলে একই অনুপাতে লবণ ও জল পাওয়া যাইবে। যৌগিক পদার্থের ন্যায় মিশ্র পদার্থরূপে দ্রবণও একটি সমসত্ত্ব পদার্থ। কিন্তু সাধারণ মিশ্র পদার্থের গঠন সমসত্ত্ব নয়।

(ii) কোন কোন দ্রবণ তৈরী করার সময় তাপের হ্রাস বা বৃদ্ধি হয়। জলের মধ্যে সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইলে অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ গরম হইয়া উঠে। পক্ষান্তরে জলের মধ্যে সোরা বা নিশাদল (পটাসিয়াম নাইট্রেট বা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড) মিশাইলে জল ঠাণ্ডা হইয়া যায়। অর্থাৎ, যৌগিক পদার্থের গঠনের ন্যায় কোন কোন দ্রবণজাতীয় মিশ্র পদার্থ তৈরী করার সময় তাপের উদ্ভব বা হ্রাস হয়।

(iii) নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কতখানি দ্রাব নির্দিষ্ট পরিমাণ তরল পদার্থের সঙ্গে মিশ্রিত করিলে সম্পৃক্ত দ্রবণ তৈরী হইবে তাহার পরিমাণ নির্দিষ্ট থাকে। 100°C তাপমাত্রায় 100 গ্রাম জলে মাত্র 36 গ্রাম সাধারণ লবণ দ্রবীভূত করিয়া সম্পৃক্ত দ্রবণ তৈরী করা সম্ভব। নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে **সম্পৃক্ত দ্রবণে** উপাদান অর্থাৎ দ্রাব ও দ্রাবকের পরিমাণ সর্বদা সুনির্দিষ্ট। সম্পৃক্ত দ্রবণে দ্রাবক ও দ্রাবের অনুপাত যৌগিক পদার্থের উপাদানের অনুপাতের ন্যায় সুনির্দিষ্ট।

(iv) সম্পৃক্ত দ্রবণের স্ফুটনাংক যৌগিক পদার্থের স্ফুটনাংকের ন্যায় নির্দিষ্ট থাকে।

এই কয়েকটি বিষয়ে মিশ্র পদার্থরূপে দ্রবণের সঙ্গে যৌগিক পদার্থের অনেকখানি সাদৃশ্য বর্তমান। কিন্তু তবুও, যে কোন **সম্পৃক্ত দ্রবণ একটি মিশ্র পদার্থ,—যৌগিক পদার্থ নয়।** কারণ দ্রবণরূপে কোন ভিন্নধর্মী নূতন পদার্থ গঠিত হয় না এবং দ্রবণের মধ্যে দ্রাব ও দ্রাবক অর্থাৎ উপাদানগুলির পৃথক ধর্ম বজায় থাকে। লবণ-জলের আলাদা ধর্ম বজায় থাকে। লবণ-জল পাতিত করিয়া সহজেই লবণ এবং জল পৃথক্ করা যায়।

1·7. ধাতু ও অ-ধাতু (Metals and Non-metals) : মৌলিক পদার্থগুলিকে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম অনুযায়ী মোটামুটি দুইটি প্রধান শ্রেণীতে ভাগ করা হয়। এক শ্রেণীকে বলা হয় **ধাতু** (metal) এবং অপর শ্রেণীকে **অ-ধাতু** (non-metal)। কিন্তু সমস্ত মৌলিক পদার্থের বেলায় এরূপ শ্রেণীবিভাগ পুরাপুরি খাটে না। কারণ, কোন কোন ধাতুর মধ্যে অ-ধাতুর ধর্মও দেখা যায়। আবার কোন কোন অ-ধাতুর মধ্যে ধাতুর ধর্মও দেখা যায়। কিন্তু সাধারণভাবে এরূপ শ্রেণীবিভাগ মৌলিক পদার্থের পরিচয় অনুধাবন করিতে সাহায্য করে বলিয়া মৌলিক পদার্থগুলিকে **ধাতু** (metal) ও **অ-ধাতু** (non-metal) রূপে শ্রেণীবিভাগ করা হয়। ধাতু ও অ-ধাতুর পার্থক্য অনুধাবনে প্রাথমিক বিবরণ এইরূপ :

(Non-metal)

ধাতু বলা হয় সেই সব মৌলিক পদা...

যে-সব মৌলিক পদার্থঃ

(i) কঠিন ও উজ্জ্বল এবং আলোক প্রতি-ফলনে সক্ষম।

(ii) ভারী, শক্ত ও সুদৃঢ় এবং নমনীয় ও প্রসারশীল ; এবং এরূপ ধাতুকে হাতুড়ি দিয়া পিটাইলে একরকম শব্দ হয়—যাহাকে বলা হয় ধাতব শব্দ।

(iii) তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবহণ করিতে সক্ষম।

(iv) পজিটিভ বিদ্যুৎধর্মী।

(v) হাইড্রোক্লোরিক ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়।

(vi) জটিল যৌগিক পদার্থ গঠন করিতে সক্ষম।

উদাহরণঃ সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, লোহা, তামা, দস্তা, টিন, সীসা, পারদ, সোনা, রূপা, প্লাটিনাম ইত্যাদি মৌলিক পদার্থকে ধাতু বলা হয়। মোট মৌলিক পদার্থের মধ্যে চার ভাগের তিনভাগই ধাতু (metal)।

ব্যতিক্রম ঃ মৌলিক পদার্থ পারদ ধাতু কিন্তু কঠিন নয়, কোন কোন অ-ধাতুর ন্যায় তরল। সোডিয়াম ও পটাসিয়াম ধাতু হইয়াও জলের চেয়েও হাল্কা। পারদ ধাতু হইয়াও ভালভাবে তাপ ও বিদ্যুৎ বহন করিতে পারে না। অ্যান্টিমনী ও বিসমাথ—এই মৌলিক পদার্থ দু'টি ধাতু হইয়াও অ-ধাতুর মত ভঙ্গুর।

... পরিমাণ পদার্থকে ... হইতে

... তরল বা গ্যাসীয় ও অনুজ্জ্বল এবং আলোক প্রতিফলনে অক্ষম।

(ii) হাল্কা, শিথিল, ভঙ্গুর, কাঠিন্যহীন এবং যে-সব মৌলিক পদার্থের নমনীয়তা গুণ নাই এবং যাহাদের মধ্যে কোন ধাতব শব্দ হয় না।

(iii) সাধারণত তাপ ও বিদ্যুৎ বহন করিতে সক্ষম নয়।

(iv) নেগেটিভ বিদ্যুৎধর্মী।

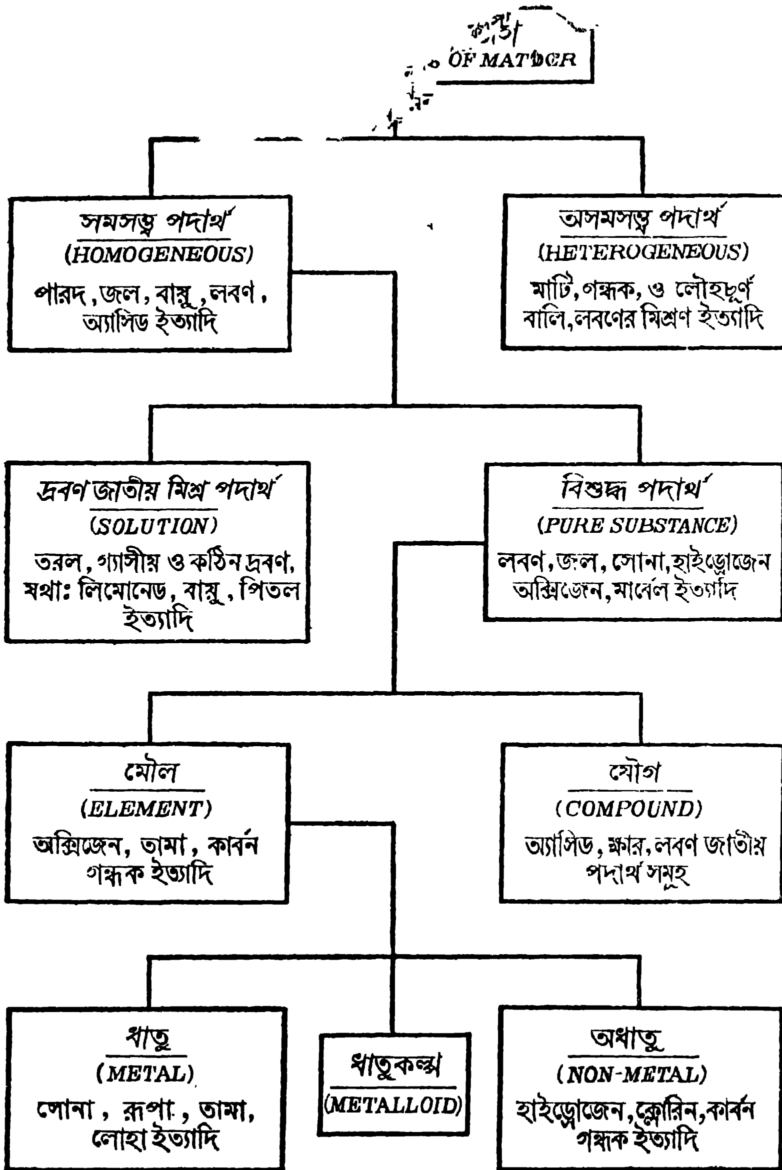
(v) হাইড্রোক্লোরিক বা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে সাধারণত দ্রবীভূত হয় না।

(vi) সরল যৌগিক পদার্থ গঠন করিতে সক্ষম।

উদাহরণঃ হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন, কার্বন, ফসফরাস, গন্ধক (সালফার), সিলিকন ইত্যাদিকে অ-ধাতু বলা হয়।

ব্যতিক্রমঃ অ-ধাতু হওয়া সত্ত্বেও আয়োডিন, কার্বন, গন্ধক, ফসফরাস তরল বা গ্যাসীয় নয়—ধাতুর ন্যায় কঠিন। কিন্তু আয়োডিন বা কার্বন পিটাইয়া পাতলা পাত তৈরী করা যায় না। আয়োডিন এবং গ্রাফাইট জাতীয় কার্বন ধাতুর ন্যায় চকচকে; হীরা জাতীয় কার্বন ধাতুর মত আলোক প্রতিফলিত করে। হাইড্রোজেন গ্যাস অ-ধাতু কিন্তু পজিটিভ বিদ্যুৎ-ধর্মী।

[দ্বিতীয় খণ্ডে ধাতু ও অ-ধাতুর বিস্তৃত আলোচনা করা হইয়াছে।]



1·8. পদার্থের মৌল কণা (Elementary Particles) :

কিভাবে পৃথিবীর অজস্র ও বিচিত্র বস্তুরাশি গঠিত—এই মৌল প্রশ্নটির উত্তর সন্ধান করেন ভারতীয় ঋষি **কণাদ** এবং গ্রীক দার্শনিক **ডিমোক্রিটাস**। খৃষ্ট জন্মের কয়েক শতাব্দী

পূর্বে প্রাচ . . ন ... রাশি গঠিত—ক্ষুদ্রাতি ক্ষুদ্রতম অবিভাজ্য সূক্ষ্ম ... দ্বারা। কণাদ ... —পরমাণু এবং ডিমোক্রিটাস ইহার আখ্যা দেন ... ইহার অর্থ অবিভাজ্য (a-tomos); প্রতিষ্ঠিত গ্রীক দার্শনিক ... ফলে পাশ্চাত্য দর্শনে দুই হাজার বৎসর পর্যন্ত এরূপ পরমাণুর প্রকল্প পরিত্যক্ত থাকে। অ্যাটমের কল্পনাকে পুনরুজ্জীবিত করেন বৃটিশ বিজ্ঞানী **নিউটন** এবং আইরিশ বিজ্ঞানী **রবার্ট বয়েল**।

পরমাণুর কল্পনাকে একটি যুক্তিসঙ্গত বৈজ্ঞানিক তত্ত্বরূপে 1808 সালে সুস্পষ্টভাবে প্রতিষ্ঠিত করেন বৃটিশ বিজ্ঞানী **ডালটন**। তিনি বলেন যে কোন মৌল বা মৌলিক পদার্থ সূক্ষ্ম ... পরমাণু কণা দ্বারা গঠিত।

পরমাণুর সংজ্ঞাঃ যে কোন মৌলের ক্ষুদ্রতম অবিভাজ্য কণিকা, যাহা সেই মৌলের সকল ধর্ম বহন করে—তাহাকে বলা হয় পরমাণু (Atom);

ইহার অর্থ,—প্রাকৃতিক 92 রকমের মৌল এবং এখন পর্যন্ত কৃত্রিমভাবে সৃষ্ট 20টি ... মৌল 112 রকম মৌল কণা বা পরমাণু (atom) দ্বারা গঠিত। প্রত্যেকটি মৌলের পরমাণু সেই মৌলের নিজস্ব ও পৃথক ধর্ম বহন করে বলিয়া ইহাদের প্রত্যেকের প্রকৃতিও পরস্পর হইতে আলাদা (ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্ব পরে আলোচ্য)।

1·9. স্বাধীন সত্ত্বা-বিশিষ্ট পদার্থকণা—অণু (Molecule -independent particle of matter) ঃ

পৃথিবীর পদার্থরাশি কি বিভিন্ন মৌলের স্বাধীন সত্ত্বা বিশিষ্ট কণা দ্বারা গঠিত ? এই প্রশ্নের নির্ভুল উত্তর ডালটন দিতে সক্ষম হন নাই। পরবর্তী রাসায়নিক গবেষণায় জানা যায় যে একমাত্র নিষ্ক্রিয় মৌলিক পদার্থ,—তথা হিলিয়াম, নিয়ন, আরগণ, ক্রিপটন ইত্যাদি মৌলগুলির পরমাণু প্রকৃতিতে স্বাধীন কণারূপে পাওয়া যায়, কিন্তু আর কোন মৌলের পরমাণু স্থায়ীভাবে স্বাধীন কণারূপে পাওয়া যায় না। বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলি পাওয়া যায় একই রকম বা ভিন্ন রকম একাধিক মৌলের জোটের মধ্যে পুঞ্জীভূত অবস্থায়। 1811 খৃষ্টাব্দে একাধিক পরমাণুর এরূপ জোট বা পুঞ্জকে ইটালীয় বিজ্ঞানী **আমেদেও অ্যাভোগাড্রো** (Amedeo Avogadro) নাম দেন—**মলিকুল** (Molecule)। মলিকুল শব্দের অর্থ পুঞ্জ—বাংলায় ইহার প্রতিশব্দ—**অণু**। পৃথিবীর বস্তুরাশি অভিব্যক্ত এরূপ স্বাধীন সত্ত্বা বিশিষ্ট অণু রূপে।

হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন বা ক্লোরিনের ন্যায় মৌলগুলি গ্যাসীয় অবস্থায় কিভাবে গঠিত হয় অথবা যৌগিক পদার্থের কণিকা তথা যৌগ-কণার গঠনের স্বরূপ কি,—ডালটন তাহা অনুধাবন করিতে পারেন নাই। তিনি জল, অ্যাসিড, ক্ষার বা লবনের ন্যায় যৌগ-কণাগুলিরও নাম দেন **যৌগ-পরমাণু** (Compound atom): গ্যাসীয় অবস্থায় মৌল কণাগুলি কিভাবে গঠিত সর্বপ্রথমে তাহার কল্পনা করেন ইতালীয় বিজ্ঞানী অ্যাভোগাড্রো। তিনি বলেন যে হাইড্রোজেন বা অক্সিজেনের ন্যায় মৌলগুলি গ্যাসীয় অবস্থায় দুইটি করিয়া পরমাণুর জোটরূপে গঠিত থাকে। তিনি এরূপ পরমাণু জোটের নাম দেন

মলিকুল (Molecule)। ত ... লে তাঁহার **অণু-বাদ** (Molecular theory) বিজ্ঞা... ... লাভ করে নাই। অ্যাভোগাড্রোর মৃত্যুর পরে ক্যা... রো (Canizzaro)—তাঁহার এক ছাত্র এই অণু বা মলিকুলের কল্পনা নির্ভুলভাবে প্রতিষ্ঠিত করেন। শুধু গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থই নয়,—যে কোন যৌগের ক্ষুদ্রতম স্বাধীন-সত্ত্বা-বিশিষ্ট কণা এরূপ অণু রূপে গঠিত।

1·10. অণুর সংজ্ঞা (Definition of a Molecule)**:** যে-কোন মৌল বা যৌগের স্বাধীন-সত্ত্বা এবং তাহার সকল ধর্ম বিশিষ্ট ক্ষুদ্রতম কণাকে বলা হয় অণু।

এরূপ এক একটি মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের অণু পরস্পর হইতে মুক্ত অর্থাৎ স্বাধীন অবস্থায় বর্তমান থাকে। যৌগিক পদার্থ মাত্রেই অণুরূপে গঠিত। কঠিন বা তরল অবস্থায় প্রাপ্ত মৌলের পরমাণুগুলি পারমাণবিক অবস্থায় থাকিতে পারে কিন্তু বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে এরূপ কঠিনাকার বা তরলাকার মৌল-কণাগুলিকেও অণুরূপে গণ্য করা হয়।

পদার্থের অণু—**মৌল-অণু** ও **যৌগ-অণু**,—এরূপ দুইভাগে গঠিত হইতে পারে।

মৌল-অণু (Elementary Molecule)**:** একই রকম মৌলের একাধিক পরমাণু যে অণু গঠন করে তাহাকে বলা হয় মৌল-অণু। হাইড্রোজেন, অক্‌সিজেন, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন ইত্যাদি মৌলিক পদার্থের মৌল-অণুগুলি এরূপ এক একটি মৌলের দুইটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত। ওজোন (ozone)-রূপী অক্‌সিজেনের একটি মৌল-অণু তিনটি অক্‌সিজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত।

যৌগ-অণু (Compound Molecule)**:** দুইটি বা তাহার বেশী মৌলের পরমাণু একটি করিয়া বা তাহার বেশী সংখ্যায় পরস্পরে সংযুক্ত হইয়া যে অণু গঠন করে তাহাকে যৌগ-অণু বলা হয়।

বস্তুত, পৃথিবীর অধিকাংশ পদার্থই যৌগ-অণুরূপে গঠিত। মৌলিক অবস্থায় খুব কম পদার্থ পাওয়া যায়। জল, লবণ, যে-কোন অজৈব অ্যাসিড, ক্ষার, সোডা, ধাতু বা অধাতুর অক্সাইড বা অন্য যৌগ সমূহ যৌগ-অণুরূপে গঠিত। সেইরূপ চাল, ডাল, চিনি, দুধ, ঘি, পেট্রল, রবার, স্পিরিট, অ্যালকোহল ইত্যাদি সমস্ত জৈব পদার্থই জৈব যৌগ-অণুরূপে গঠিত। (অণু সম্বন্ধে পরবর্তী অধ্যায়ে বিস্তৃত ভাবে আলোচনা করা হইয়াছে)

1·11. পারমাণবিক ওজন বা গুরুত্ব (Atomic Weight)**:** বিভিন্ন মৌলের পরমাণু কণাগুলি ওজনে বা গুরুত্বে এত নগণ্য যে রাসায়নিক গণনায় এরূপ ওজন ব্যবহার করা যায় না। উদাহরণ স্বরূপ: একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর যথার্থ ওজন $1{\cdot}673 \times 10^{-24}$ গ্রাম; একটি অক্‌সিজেন পরমাণুর ওজন $16 \times 1{\cdot}673 \times 10^{-24}$ গ্রাম এবং একটি ইউরেনিয়াম পরমাণুর ওজন $238 \times 1{\cdot}673 \times 10^{-24}$ ইত্যাদি।

পরমাণুর এরূপ নগণ্য ওজন ব্যবহারিক প্রয়োজনে অনুপযোগী বলিয়া যে কোন মৌলের একটি পরমাণু একটি হাইড্রোজেন বা অক্‌সিজেন বা কার্বন পরমাণুর তুলনায় যতগুণ ভারী সেই তুলনামূলক সংখ্যা দ্বারা মৌলটির পারমাণবিক ওজন বা গুরুত্ব নির্দেশ করা হয়। পারমাণবিক

গুরুত্ব নির্ণ   ন . . . ‍   । পরে অক্সিজেন স্কেল এবং 1961 ‍ -এর পরে কার্বন স্কে... ... করা হ... মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের জন্য। পরবর্তী অধ্যায়ে এ সম্বন্ধে আরও বিস্তৃত আলোচনা করা হইবে—এখানে শুধু এরূপ তিনটি স্কেল অনুযায়ী পারমাণবিক গুরুত্বের সংজ্ঞা দেওয়া হইল।

হাইড্রোজেন মান বা স্কেল (Hydrogen Standard or Scale) : লঘুতম মৌল হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন বা গুরুত্ব এক (1) ধরিয়া ইহার তুলনায় অন্য কোন মৌলের একটি পরমাণু যতগুণ ভারী তাহাকে সেই মৌলের পারমাণবিক ওজন বা গুরুত্ব বলা হয়। এই স্কেল অনুযায়ী অক্সিজেন পারমাণবিক গুরুত্ব—15·88.

অক্সিজেন মান বা স্কেল (Oxygen Standard or Scale) : একটি অক্সিজেনের পরমাণুর ওজন বা গুরুত্ব 16 ধরিয়া ইহার তুলনায় যে কোন মৌলের একটি পরমাণু যতগুণ ভারী সেই তুলনামূলক সংখ্যাকে বলা হয় সেই মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব বা ওজন। অক্সিজেন স্কেল অনুযায়ী হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব (পাঃ গুঃ)—1·008 ; কার্বন 12·011 ; নাইট্রোজেন—14·008 ; সোডিয়াম—22·911 ইত্যাদি।

কার্বন মান বা স্কেল (Carbon Standard or Scale) : একটি কার্বন পরমাণুর ওজন 12 ধরিয়া ইহার তুলনায় অন্য যে কোন মৌলের একটি পরমাণু যতগুণ ভারী সেই তুলনামূলক সংখ্যাকে মৌলটির পারমাণবিক গুরুত্ব বা ওজন বলা হয়। কার্বন স্কেল অনুযায়ী অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব—15·9994 ;

সুতরাং, সাধারণ ভাবে বলা যায় :

$$\textbf{যে কোন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{\text{সে মৌলের একটি পরমাণুর গুরুত্ব}}{\text{একটি হাইড্রোজেন (1)/অক্সিজেন (16)/কার্বন (12) পরমাণুর গুরুত্ব}}$$

সুতরাং সহজেই একথা বলা যায় যে কোন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব ইহার যথার্থ ওজন বা গুরুত্ব নয় বলিয়া ইহা গ্রাম হিসাবে লেখা হয় না—লেখা হয় শুধু একটি তুলনামূলক সংখ্যারূপে যদিও কার্বন স্কেল অনুযায়ী পাঃ গুঃ এখন রসায়নে স্বীকার্য, তবুও সহজ গণনার জন্য প্রাথমিক পর্যায়ে হাইড্রোজেন স্কেল এবং অক্সিজেন স্কেল অনুযায়ী পাঃ গুরুত্ব ব্যবহৃত হয়।

1·12. আণবিক ওজন (Molecular Weight) : আগেই বলা হইয়াছে যে, অণু একাধিক পরমাণুর জোট বা পুঞ্জরূপে গঠিত। যে কোন মৌল-অণু একই মৌলের একাধিক পরমাণু দ্বারা গঠিত এবং একটি যৌগ-অণু বিভিন্ন মৌলের একাধিক পরমাণু দ্বারা গঠিত। সুতরাং একথা অনুধাবন করা সহজ যে একটি অণুর ওজন বা গুরুত্ব ইহার পরমাণু সমূহের যুক্ত ওজন মাত্র।

আণবিক গুরুত্ব বা ওজনের সংজ্ঞা (Molecular Weight) : একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন এক (1) বা একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজন (16) অথবা একটি কার্বন

পরমাণুর ওজন (12) ধরিয়া ই   নায় যে   অণুর যত গুণ   বা গুরুত্ব তাহাকেই সেই পদার্থটির আণবিক ওজন বা গুরুত্ব   হয়।

(i) জল অণু = 2 হাইড্রোজেন পরমাণু + 1 অক্সিজেন পরমাণু

$= 2 \times 1 + 15{\cdot}8 = 17{\cdot}8$ (হাইড্রোজেন স্কেল)

$= 2 \times 1{\cdot}008 + 16 = 18{\cdot}016$ (অক্সিজেন স্কেল)

(ii) কার্বন ডাই অক্সাইড অণু = 1 কার্বন পরমাণু + 2 অক্সিজেন পরমাণু

$= 12{\cdot}011 + 2 \times 16{\cdot}00 = 44{\cdot}011$ (অক্সিজেন স্কেল)

প্রশ্ন

1. রসায়নবিজ্ঞান কি? ইহার বিভিন্ন শাখার নাম কি?

2. মৌলিক ও যৌগিক পদার্থ কাহাকে বলে? একটি করিয়া উদাহরণ দাও। নিম্নলিখিত পদার্থগুলিকে মৌলিক ও যৌগিক পদার্থে ভাগ কর :

খাদ্যলবণ, চিনি, দুগ্ধ, গন্ধক, সোরা এবং লোহাচুর। *[H. S. Exam. 1968]*

3. নিম্নলিখিত পদার্থগুলিকে মৌলিক এবং মিশ্র পদার্থে ভাগ কর :

বায়ু, লিমোনেড, অঙ্গার, পেট্রল, পিতল, হীরা, চুন, স্টিল, মরিচা এবং সমুদ্র-জল।

4. সাধারণ মিশ্র পদার্থের ও রাসায়নিক যৌগ পদার্থের মধ্যে পার্থক্য কি? 'দ্রবণে যৌগের অনেক ধর্ম বর্তমান তথাপি উহা একটি মিশ্রণ'—ব্যাখ্যা কর। *[H.S. Exam. 1961]*

5. জল যৌগিক পদার্থ কিন্তু বায়ু মিশ্র পদার্থ কেন? কার্বন বা অঙ্গার মৌলিক পদার্থ কিন্তু কয়লা যৌগিক পদার্থ কেন? ব্যাখ্যা কর।

6. ধাতু ও অধাতুর সংজ্ঞাসহ উহাদের ধর্মের পার্থক্য বর্ণনা কর। পারদ, হীরা, বিসমাথ এবং ব্রোমিন---এই মৌলিক পদার্থগুলি ধাতু না অ-ধাতু?

7. জল একটি যৌগ কিন্তু লিমোনেড একটি মিশ্র পদার্থ কেন? রাসায়নিক যৌগ কাহাকে বলে?

8. লোহা এবং গন্ধকের মিশ্র ও যৌগিক পদার্থের মূলগত পার্থক্য তালিকার আকারে সাজাইয়া বর্ণনা কর। *[H. S. Exam. 1964, 1967]*

9. প্রকল্প, তত্ত্ব ও সূত্র কাহাকে বলে? উহাদের মধ্যে পার্থক্য কি? উদাহরণ দাও।

10. সংজ্ঞা লিখ (i) পারমাণবিক ওজন, (ii) আণবিক ওজন।

---

2 প্রতীক সংকেত, সমীকরণ ও বিক্রিয়া

(Symbol, Formula, Equation and Reaction)

রাসায়নিক বিক্রিয়া সংক্ষেপে প্রকাশ করার উদ্দেশ্যে মধ্য যুগে অ্যালকেমিস্ট এবং তান্ত্রিক রসায়নীরা বিভিন্ন ধাতুর প্রতীক চিহ্ন ব্যবহার করিতেন। 1808 খ্রীষ্টাব্দে পারমাণবিক তত্ত্ব প্রকাশ করার পরে ডালটন বিভিন্ন মৌলের প্রতীক চিহ্ন প্রবর্তন করেন, কিন্তু এরূপ প্রতীক চিহ্নও জটিল। 1817 খ্রীষ্টাব্দে সুইডিশ বিজ্ঞানী বার্জিলাস (Berzelius) মৌলের যে প্রতীক চিহ্ন প্রবর্তন করেন তাহাই পরবর্তীকালে রসায়ন বিজ্ঞানে গৃহীত হইয়াছে। বস্তুত, বার্জিলাসের প্রবর্তিত প্রতীক চিহ্ন রসায়নের প্রগতি সাধনে এক বিশেষ পদক্ষেপ স্বরূপ। যদিও রাসায়নিক সংযোগসূত্র ও বিভিন্ন গ্যাস সূত্রে প্রবর্তন হইয়াছে বার্জিলাসের প্রতীক চিহ্ন সূচনার পূর্বে, তথাপি এই অধ্যায়টি আগে সংযোজিত হইল উল্লিখিত সূত্রগুলির অনুধাবনের সুবিধার্থে। নিচের চার্টে অ্যালকেমিস্ট, ডালটন এবং বার্জিলাস প্রবর্তিত কয়েকটি প্রতীক চিহ্নের নমুনা দেওয়া হইল :

প্রবর্তক	কয়েকটি মৌলের তুলনামূলক প্রতীক চিহ্ন							
অ্যালকেমিস্ট	○	☾	♄	♃	♂	♀	🜍	☿
ডালটন	Ⓖ	Ⓢ	Ⓛ	Ⓣ	Ⓘ	Ⓒ	⊕	❂
বার্জিলাস	Au	Ag	Pb	Sn	Fe	Cu	S	Hg
ইংরাজী নাম	GOLD	SILVER	LEAD	TIN	IRON	COPPER	SULPHUR	MERCURY
ল্যাটিন নাম	AURUM	ARGENTUM	PLUMBUM	STANNUM	FERRUM	CUPRUM	SULPHUR	HYDRARGYRUM
বাংলা নাম	সোনা	রূপা	সীসা	টিন	লোহা	তামা	গন্ধক	পারদ

2·1. পরমাণুর প্রতীক চিহ্ন (Symbol) : কোন মৌলিক পদার্থের আদি অক্ষরের বা দুইটি অক্ষরের সাহায্যে রচিত সেই মৌলের একটি পরমাণুর প্রতীকাত্মক সংক্ষিপ্ত পরিচয়কে **বলা হয় তাহার প্রতীক চিহ্ন।**

মৌলিক পদার্থের ল্যাটিন ভাষায় লেখা নামের প্রথম অক্ষরটিকে সেই পদার্থের প্রতীক-চিহ্নরূপে ব্যবহার করেন **বিজ্ঞানী বার্জিলাস**। যেমন—Hydrogen—H; যদি দুই-তিনটি মৌলিক পদার্থের নামের প্রথম 'C' থাকে তবে শুধু 'C' অক্ষরে এবং অন্য পদার্থকে সেই পদার্থের নামের আদি অক্ষরের সঙ্গে অপর একটি অক্ষর যুক্ত করিয়া প্রতীক চিহ্ন লেখা হয় : Carbon, Calcium ও Cuprum (Copper বা তামা)—এই মৌলিক পদার্থ তিনটির প্রতীক-চিহ্ন লেখেন তিনি (Carbon—C, Calcium—Ca, Cuprum (Copper)—Cu ; অনেক

মৌলিক পদার্থের প্রতীক-চিহ্ন ... অ... হার করিয়া।
সোনার ইংরাজী নাম Go... ল্যাটিন ... ...um—তাই সোনার ...ক-চিহ্ন—Au;
রূপার ইংরাজী নাম সিলভার কিন্তু ল্যাটিন নাম—Argent...n তাই প্রতীক-চিহ্ন—Ag,
বার্জিলাসের প্রতীক-চিহ্নই রসায়ন-বিজ্ঞানে গ্রহণ করা হয়। নীচে কয়েকটি মৌলিক পদার্থের নাম ও প্রতীক-চিহ্ন ও পারমাণবিক গুরুত্ব দেওয়া হইল।

প্রতীক-চিহ্নের তাৎপর্য: কোন মৌলের প্রতীক-চিহ্ন (symbol) দ্বারা সেই মৌলটির—(i) পরিচয়, (ii) ইহার একটি পরমাণুর পরিচয়, (iii) ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব এবং (iv) গ্রাম হিসাবে লিখিলে এক-গ্রাম পরমাণুর (gram-atom) পরিচয় জানা যায়। উদাহরণস্বরূপ—প্রতীক-চিহ্ন 'C' দ্বারা জানা যায় যে ইহা একটি কার্বন মৌলের এবং একটি কার্বন পরমাণুর প্রতীক-চিহ্ন; ইহাতে আছে ওজন হিসাবে 12 ভাগ (unit) কার্বন; গ্রাম হিসাবে 12 গ্রাম কার্বন এবং এই 12 গ্রাম কার্বনে আছে $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ কার্বন পরমাণু। (শেষ বিষয় দুইটি পুনঃপঠনের সময় অনুধাব্য।)

বাংলায় লিখিত নাম	ইংরাজীতে লিখিত নাম	ল্যাটিন নাম	প্রতীক চিহ্ন	পারমাণবিক গুরুত্ব
হাইড্রোজেন	Hydrogen		H	1
অঙ্গার (কার্বন)	Carbon		C	12
নাইট্রোজেন	Nitrogen		N	14
অক্সিজেন	Oxygen		O	16
ফ্লুরিন	Fluorine		F	19
সোডিয়াম	Sodium	Naturium	Na	23
ম্যাগনেসিয়াম	Magnesium		Mg	24
অ্যালুমিনিয়াম	Aluminium		Al	27
ফসফরাস	Phosphorus		P	31
গন্ধক	Sulphur		S	32
ক্লোরিন	Chlorine		Cl	35·5
পটাসিয়াম	Potassium	Kalium	K	39
ক্যালসিয়াম	Calcium		Ca	40
লোহা	Iron	Ferum	Fe	56
তামা	Copper	Cuprum	Cu	63·5
দস্তা	Zinc		Zn	65·3
ব্রোমিন	Bromine		Br	80
টিন	Tin	Stannum	Sn	119
আয়োডিন	Iodine		I	127
পারদ	Mercury	Hydrargyrum	Hg	200·6
সীসা	Lead	Plumbum	Pb	207
রেডিয়াম	Radium		Ra	227
ইউরেনিয়াম	Uranium		U	238

অণুর সংকেত ... ও যৌগিক—এই দুই রকম অণুই গঠিত হয় পরমাণুর সম্মিলনরূপে। তাই পরমাণুর প্রতীক চিহ্ন পর পর লিখিয়া অণুর প্রতীক-চিহ্নও সাংকেতিকভাবে লেখা যায়।

আণবিক সংকেত (Molecular Formula) **:** যেকোন পদার্থের একটি অণু একপ্রকার অথবা বিভিন্ন প্রকার মৌলের একাধিক পরমাণু দ্বারা গঠিত হয়। মৌলগুলির প্রতীক চিহ্নের ডান কোণের নিচে প্রতিটি মৌলের মোট সংখ্যা সহ পরমাণুর প্রতীক চিহ্নগুলি পরপর সংযুক্ত ও সুশৃংখলভাবে পাশাপাশি সাজাইয়া পদার্থের অণুটিকে যেভাবে সংকেতাকারে প্রকাশ করা হয় তাহাকে বলা হয় সেই পদার্থের আণবিক সংকেত।

মৌলিক অণুর সংকেত (Formula of Elementary Molecules) **:**

মৌলিক অণুর গঠন	অণুর সংকেত	একাধিক অণুর সংকেত
একটি হাইড্রোজেন অণু		2টি হাইড্রোজেন অণু $=2H_2$
=2টি হাইড্রোজেন পরমাণু	H_2	5টি হাইড্রোজেন অণু $=5H_2$
একটি অক্সিজেন অণু		2টি অক্সিজেন অণু $=2O_2$
=2টি অক্সিজেন পরমাণু	O_2	4টি অক্সিজেন অণু $=4O_2$
একটি তামার অণু		2টি তামার অণু $=2Cu$
=একটি তামার পরমাণু	Cu	5টি তামার অণু $=5Cu$
একটি লোহার অণু		2টি লোহার অণু $=2Fe$
=একটি লোহার পরমাণু	Fe	3টি লোহার অণু $=3Fe$

2·3. যৌগিক অণুর সংকেত লিখন (Formula of Compound Molecules) **:** যে সমস্ত মৌলিক পদার্থের পরমাণুর দ্বারা যৌগিক পদার্থের অণু গঠিত হয় সেই সমস্ত পরমাণুর প্রতীক-চিহ্ন সংখ্যাসহ পাশাপাশি পরপর লিখিতে হয়। কোন একটি মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সংখ্যা যদি একাধিক হয় তবে পরমাণুর প্রতীকচিহ্নের ডান কোণের নিচে সেই পরমাণুর মোট সংখ্যাটি লিখিতে হয়। জল দুইটি হাইড্রোজেন ও একটি অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত। তাই সংকেত লিখিবার সময়ে প্রথমে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন পরমাণুর প্রতীক-চিহ্ন লিখিতে হইবে এবং হাইড্রোজেনের প্রতীক-চিহ্নের ডাইনে ও নীচে 2 সংখ্যাটি লিখিতে হইবে। সুতরাং জলের সংকেত হইবে—H_2O।

মৌলের প্রতীকের ক্রম নির্ণয় : (i) যে যৌগিক পদার্থের অণু শুধু ধাতু ও অ-ধাতু দ্বারা গঠিত সেই অণুর সংকেতে ধাতুজাতীয় মৌলিক পদার্থের প্রতীক-চিহ্ন আগে লিখিতে হয়। যথা : CaO-ক্যালসিয়াম অক্সাইড। হাইড্রোজেন অ-ধাতু হইয়াও ধাতুর ন্যায় ব্যবহার করে। তাই জলের সংকেতে হাইড্রোজেনের প্রতীক-চিহ্ন আগে বসে। যথা : H_2O.

(ii) যদি দুইটি পদার্থই অ-ধাতু হয় তবে সাধারণত যে মৌলটি অপরটির তুলনায় অধিকতর নেগেটিভ তড়িৎধর্মী সেই মৌলের পরমাণু-চিহ্নটি পরে বসে। যথা : নাইট্রোজেন ও

অক্সিজেন দ্বারা গঠিত নাইট্রিক অক্সাইড অণু—NO; সালফার ও অক্সিজেন দ্বারা গঠিত সালফার ডাই-অক্সাইড অণু—SO_2 ইত্যাদি।

(iii) দুইটি অ-ধাতু দ্বারা গঠিত যৌগিক পদার্থের মধ্যে যদি একটি অ-ধাতু স্বাভাবিক অবস্থায় কঠিন হয় তবে ইহার প্রতীক-চিহ্ন আগে বসে। যথা: কার্বন ডাই-অক্সাইড---CO_2, সালফার ডাই-অক্সাইড—SO_2, ইত্যাদি।

(iv) দুইটি অ-ধাতু দ্বারা গঠিত অ্যামোনিয়ার অণু একটি নাইট্রোজেন ও তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত। এখানে, অ্যামোনিয়ার সংকেত—NH_3। কয়েকটি যৌগিক পদার্থের তথা যৌগিক অণুর সংকেত:

যৌগিক পদার্থের নাম		অণুর গঠন			সংকেত
ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড	..	একটি Mg-পরমাণু	+	একটি O-পরমাণু	MgO
সোডিয়াম ক্লোরাইড	..	একটি Na-পরমাণু	+	একটি Cl-পরমাণু	NaCl
মারকিউরিক অক্সাইড	..	একটি Hg-পরমাণু	+	একটি O-পরমাণু	HgO
কপার অক্সাইড	..	একটি Cu-পরমাণু	+	একটি O-পরমাণু	CuO
কার্বন মনোক্সাইড	..	একটি C-পরমাণু	+	একটি O-পরমাণু	CO
কার্বন ডাই-অক্সাইড	..	একটি C-পরমাণু	+	দুইটি O-পরমাণু	CO_2
হাইড্রোজেন সালফাইড	..	দুইটি H-পরমাণু	+	একটি S-পরমাণু	H_2S

যৌগিক পদার্থের সংকেতের দ্বারা সেই পদার্থের পরিচয় পাওয়া যায় এবং উহার অন্তর্গত পরমাণুগুলির পরিচয় ও সংখ্যা এবং পারমাণবিক গুরুত্ব জানা যায়। সংকেতের পূর্বে সংখ্যা বসাইয়া অণুর মোট সংখ্যার পরিচয় দেওয়া যায়। যথা:

CuO—ইহার অর্থ একটি তামার অক্সাইডের অণু, $2H_2O$---ইহার অর্থ দুইটি জলের অণু; 5NaCl—ইহার অর্থ পাঁচটি লবণ-অণু, ইত্যাদি।

সংকেতের উপযোগিতা (Utility of formula): কোন পদার্থের সংকেতের সাহায্যে সেই পদার্থের আণবিক গঠনের পরিচয় মোটামুটি জানা যায়। যথা: H_2O—এই সংকেত জলের একটি অণুর সংকেত। এই অণুটিতে আছে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি অক্সিজেনের পরমাণু। HNO_3—এই সংকেত হইতে বোঝা যায় যে পদার্থটি নাইট্রিক অ্যাসিড এবং এই নাইট্রিক অ্যাসিড অণুটিতে আছে একটি হাইড্রোজেন, একটি নাইট্রোজেন ও তিনটি অক্সিজেনের পরমাণু। সুতরাং কোন পদার্থের সংকেত দ্বারা জানা যায়,—

(i) যৌগিক পদার্থটির নাম ও আণবিক গঠনের পরিচয়।

(ii) যৌগিক পদার্থটি কি কি মৌলিক পদার্থ এবং মূলক দ্বারা গঠিত;

(iii) কোন্ কোন্ মৌলিক পদার্থের কয়টি করিয়া পরমাণু দ্বারা যৌগিক পদার্থটি সংগঠিত;

(iv) যৌগিক পদার্থটির আণবিক গুরুত্ব; [যথা: জলের আণবিক গুরুত্ব

(H_2O)=...(1 + 16 = 18); ... হিসাবে ... এক গ্রাম-অণু জলের ওজন হইবে 18 ... এবং এক গ্রাম-অণু জলে পাওয়া যায় 6·0... × 10^{23} সংখ্যক জল অণু]

(v) যৌগিক পদার্থটির বিভিন্ন উপাদান তথা বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের শতাংশ এবং তুলনামূলক ওজন।

কিন্তু কোন পদার্থের আণবিক সংকেত দ্বারা ইহার কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় অবস্থা অথবা ইহার বর্ণ বা অন্যান্য ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের পরিচয় পাওয়া যায় না।

2·4. যোজ্যতা ও অণুর গঠন (Valency and Composition of Compounds): পৃথিবীর বস্তুরাশি অগণিত ও বিচিত্র হওয়া সত্ত্বেও ইহাদের গঠনপ্রণালী বিশৃংখল নয়। কারণ, যে কোন সংখ্যায় সম-মৌল বা একাধিক বিভিন্ন মৌল পরস্পরে যুক্ত হইয়া যে কোন মৌল বা যৌগ অণু গঠন করিতে পারে না। একক বা বিভিন্ন মৌলের একটি পরমাণু পরস্পরে সংযুক্ত হইয়া অণু গঠনে সক্ষম তাহার নিয়ম সুনির্দিষ্ট। সেজন্যেই পৃথিবীর বস্তুরাশি বিচিত্র ও বিভিন্ন হওয়া সত্ত্বেও ইহাদের গঠন ও পরিচয় সুনির্দিষ্ট। প্রাকৃতিক বা কৃত্রিম উপায়ে প্রাপ্ত প্রতিটি জল অণুতে (H_2O) পাওয়া যাইবে দুইটি হাইড্রোজেন এবং একটি অক্সিজেন পরমাণু। সেইরূপ খনিজ, সামুদ্রিক বা কৃত্রিম উপায়ে প্রস্তুত লবণ-অণু তথা সোডিয়াম ক্লোরাইড অণুতে (NaCl) সর্বদা বর্তমান থাকে একটি সোডিয়াম ও একটি ক্লোরিন পরমাণু। অর্থাৎ যে কোন যৌগের মধ্যে সংযোগী মৌলের পরমাণুর সংখ্যা সর্বদা সুনির্দিষ্ট।

2·5. মৌলের যোজন-ক্ষমতা বা যোজ্যতা (Combining Capacity or Valency of Elements): বিভিন্ন মৌলের পারস্পরিক সংযোজনের ক্ষমতা সমান নয়, এরূপ যোজন ক্ষমতা (combining capacity) বিভিন্ন। মৌলের এরূপ যোজন-ক্ষমতাকে বলা হয় সেই মৌলের **যোজ্যতা** (valency);

মৌল মাত্রেরই নিজস্ব যোজ্যতা বর্তমান। শুধু **হিলিয়াম, নিয়ন, আরগন, ক্রিপটন, জিনন** জাতীয় ছয়টি নিষ্ক্রিয় (Inert) গ্যাসের কোন যোজন-ক্ষমতা নাই বলিয়া ইহারা কোন যৌগ গঠন করিতে পারে না। হাইড্রোজেন, ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন, সোডিয়াম, ইত্যাদি মৌলের যোজ্যতা এক (1); অসমিয়াম নামক মৌলের যোজ্যতা সবচেয়ে বেশি, ইহার যোজ্যতা আট (8)।

মৌলের যোজ্যতা (Valency): কোন মৌলের একটি পরমাণু যে ক্ষমতায় অন্যান্য মৌলের পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া অণু গঠন করিতে সক্ষম হয় তাহাকে সেই মৌলের যোজ্যতা (valency) বলা হয় এবং এরূপ মৌলের একটি পরমাণু যে কয়টি হাইড্রোজেন বা অন্য একযোজী পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয় অথবা কোন যৌগ হইতে ইহা প্রতিস্থাপিত হয়,—সেই সংখ্যা দ্বারা সেই মৌলের যোজ্যতা প্রকাশ করা হয়।

উদাহরণ: হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl), জল (H_2O), অ্যামোনিয়া (NH_3) ও মিথেন গ্যাস (CH_4)—এই অণুগুলি বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায়:

একটি Cl পরমাণু এবং **একটি** H-পরমাণু **একটি** HCl-অণু গঠন করে।
একটি O-পরমাণু এবং **দুইটি** H-পরমাণু **একটি** H_2O-অণু গঠন করে।
একটি N-পরমাণু এবং **তিনটি** H-পরমাণু **একটি** NH_3-অণু গঠন করে।
একটি C-পরমাণু এবং **চারটি** H-পরমাণু **একটি** CH_4-অণু গঠন করে।

অর্থাৎ, একটি ক্লোরিন, একটি অক্সিজেন, একটি নাইট্রোজেন ও একটি কার্বন পরমাণু যথাক্রমে 1, 2, 3, 4টি হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে।

বিভিন্ন মৌলের যৌগ বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গিয়াছে যে **হাইড্রোজেনের যোজন ক্ষমতা বা যোজ্যতা সবচেয়ে কম। তাই, হাইড্রোজেনের যোজ্যতা ধরা হয় এক।** অন্য কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণু কয়টি হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে মিলিয়া অণু গঠন করিতে পারে সেই সংখ্যা দ্বারা সেই মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা প্রকাশ করা হয়। উপরের অণুগুলির বিশ্লেষণে দেখা যায় একটি ক্লোরিন পরমাণু ও একটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) অণু; একটি অক্সিজেন পরমাণু দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি জল (H_2O) অণু; একটি নাইট্রোজেন পরমাণু তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি অ্যামোনিয়া (NH_3) অণু এবং একটি কার্বন পরমাণু ও চারিটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি মিথেন অণু (CH_4) গঠন করে। সুতরাং, যথাক্রমে ক্লোরিনের যোজ্যতা—1, অক্সিজেনের—2, নাইট্রোজেনের—3, এবং কার্বনের—4।

উপরের উদাহরণগুলিতে মৌলের যোজ্যতা নির্ণয় করা হইয়াছে **হাইড্রোজেন স্কেল** অনুযায়ী। ক্লোরিন বা অক্সিজেন স্কেল অনুযায়ীও মৌলের যোজ্যতা নির্ণয় করা যায়। হাইড্রোজেন অনেক মৌলের সঙ্গে যৌগ গঠন করিতে পারে না; কিন্তু ক্লোরিন এবং অক্সিজেন অধিকতর মৌলের সঙ্গে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করিতে পারে।

ক্লোরিন স্কেল (Chlorine Scale): একটি ক্লোরিন পরমাণু, একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করিতে পারে। তাই ক্লোরিনের যোজ্যতা এক ((1); কোন মৌল যে-কয়টি সংখ্যায় ক্লোরিন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠনে সক্ষম, সেই সংখ্যাকে মৌলটির যোজ্যতা বলা হয়। NaCl, $CaCl_2$, $AlCl_3$, $SnCl_4$, PCl_5 ইত্যাদি ক্লোরাইড যৌগে Na Ca, Al, Sn এবং P-এর যোজ্যতা যথাক্রমে—1, 2, 3, 4 এবং 5.

অক্সিজেন স্কেল (Oxygen Scale): অক্সিজেন প্রায় প্রতিটি মৌলের সঙ্গে যুক্ত হয় বলিয়া অক্সিজেনের যোজ্যতা **দুই** (2) জানিয়া অন্যান্য মৌলের যোজ্যতা নির্ণয় করা যায়। Na_2O, MgO, Fe_2O_3, CO, ইত্যাদি যৌগে Na, Mg, Fe এবং C-এর যোজ্যতা যথাক্রমে ---1, 2, 3 এবং 4.

যে কোন মৌলের পরমাণু অখণ্ডনীয় বলিয়া সমস্ত মৌলের **যোজ্যতা এক একটি পূর্ণ সংখ্যা।** মৌলের সর্বনিম্ন যোজ্যতা এক (1) এবং সর্বোচ্চ যোজ্যতা—আট (8); পরপৃষ্ঠায় কয়েকটি বিশেষ পরিচিত মৌলের যোজ্যতার তালিকা দেওয়া হইল।

মৌলের যোজ্যতার তালিকা (Valency chart)

যোজ্যতা	কয়েকটি মৌলের নাম
এক যোজী—হাইড্রোজেন (H), ফ্লুরিন (F), ক্লোরিন (Cl), ব্রোমিন (Br), আয়োডিন (I), সোডিয়াম (Na), পটাসিয়াম (K), সিলভার (Ag) ইত্যাদি।	
দুই যোজী—অক্সিজেন (O), ম্যাগনেসিয়াম (Mg), আয়রন (Fe), ক্যালসিয়াম (Ca), জিংক (Zn), সালফার (S), লেড (Pb) ইত্যাদি।	
তিন যোজী—নাইট্রোজেন (N), অ্যালুমিনিয়াম (Al), ক্রোমিয়াম (Cr), আয়রন (Fe), গোল্ড (Au), ফসফরাস (P), বোরন (B) ইত্যাদি।	
চার যোজী—কার্বন (C), সিলিকন (Si), টিন (Sn), লেড (Pb) ইত্যাদি।	
পাঁচ যোজী—নাইট্রোজেন (N), ফসফরাস (P), আরসেনিক (As), অ্যান্টিমনি (Sb) ইত্যাদি।	
ছয় যোজী—সালফার (S), ক্রোমিয়াম (Cr) ইত্যাদি।	
সাত যোজী—ম্যাঙ্গানীজ (Mn).	
আট যোজী—অসমিয়াম (Os).	
শূন্য (0) যোজী—হিলিয়াম (He), নিয়ন (Ne), আরগন (Ar) ইত্যাদি।	

একাধিক বা পরিবর্তনশীল যোজ্যতা (Variable Valency)ঃ কোন কোন মৌলিক পদার্থের একাধিক যোজ্যতা বর্তমান। তামার যোজ্যতা এক ও দুই। লোহার যোজ্যতা দুই ও তিন। তাই, তামা ও লোহা দুই রকম অণু গঠন করিতে পারে। **কম যোজ্যতার অণুকে বলা হয় 'আস" (-ous) যৌগ এবং বেশি যোজ্যতার অণুকে বলা হয় 'ইক' (-ic) যৌগ।**

আস (ous) যৌগ	সংকেত	ইক্ (ic) যৌগ	সংকেত
কিউপ্রাস ক্লোরাইড	$CuCl$	কিউপ্রিক ক্লোরাইড	$CuCl_2$
ফেরাস ক্লোরাইড	$FeCl_2$	ফেরিক ক্লোরাইড	$FeCl_3$
ফেরাস্ অক্সাইড	FeO	ফেরিক অক্সাইড	Fe_2O_3
সালফার ডাই-অক্সাইড	SO_2	সালফার ট্রাই-অক্সাইড	SO_3
সালফিউরাস অ্যাসিড	H_2SO_3	সালফিউরিক অ্যাসিড	H_2SO_4
ফসফরাস ট্রাই ক্লোরাইড	PCl_3	ফসফরাস পেন্টা ক্লোরাইড	PCl_5

নিম্নে একাধিক যোজ্যতাসম্পন্ন একটি বিশেষ পরিচিত মৌলিক পদার্থের [illegible] তালিকা (chart) দেওয়া হইল ঃ

নাম	যোজ্যতা	বিভিন্ন যৌগের সংকেত
কপার (Cu)	1,2	$CuCl$, $CuCl_2$; Cu_2O, CuO.
আয়রন (Fe)	2,3	$FeCl_2$,$FeCl_3$; FeO,Fe_2O_3.
নাইট্রোজেন (N)	1,2,3,4,5	N_2O,NO,N_2O_3,N_2O_4,N_2O_5;HNO_2,HNO_3
সালফার (S)	2,4,6	H_2S,SO_2, SO_3; H_2SO_3,H_2SO_4.
লেড (সীসা) (Pb)	2,4	$PbCl_2$,$PbCl_4$; PbO,PbO_2.
ফসফরাস (P)	3,5	P_2O_3, P_2O_5; PCl_3, PCl_5.
টিন (Sn)	2,4	$SnCl_2$, $SnCl_4$.

2·6. যৌগমূলকের যোজ্যতা (Valency of Compound Radical) ঃ

যৌগমূলক (Radical) ঃ কোন কোন ভিন্নধর্মী মৌলিক পদার্থ পরস্পরে মিলিয়া এক বিশেষ ধরনের জোট বাঁধিতে পারে এবং বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এই জোটগুলি এক একটি মৌলিক পদার্থের অখণ্ড পরমাণুর ন্যায় ব্যবহার করে। বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের সম্মেলনে গঠিত এরূপ পরমাণু-জোটকে বলা হয় যৌগমূলক (radical)। এরূপ মূলককে স্বতন্ত্র অবস্থায় পাওয়া যায় না, কিন্তু যৌগের মধ্যে ইহাদের অস্তিত্ব বর্তমান থাকে। এরূপ মূলকেরও মৌলিক পদার্থের ন্যায় যোজ্যতা বর্তমান। কয়েকটি সাধারণ যৌগমূলকের নাম, সংকেত ও যোজ্যতার তালিকা দেওয়া হইল ঃ

যৌগমূলকের (Radical) যোজ্যতার চার্ট

মূলকের নাম	সংকেত	যোজ্যতা	যৌগ
হাইড্রক্সিল্	OH	এক	$NaOH$
নাইট্রেট	NO_3	এক	KNO_3
অ্যামোনিয়াম	NH_4	এক	NH_4OH

...র নাম	সংকেত	যোজ্যতা	যৌগ
কার্বনেট	CO_3	দুই	Na_2CO_3
সালফেট	SO_4	দুই	Na_2SO_4
ফসফেট	PO_4	তিন	Na_3PO_4
আর্সেনাইট	AsO_3	তিন	Na_3AsO_3
আর্সেনেট	AsO_4	তিন	Na_3AsO_4
বাই-কার্বনেট	HCO_3	এক	$NaHCO_3$
বাই-সালফেট	HSO_4	এক	$NaHSO_4$

পজিটিভ ও নেগেটিভ যোজ্যতা (Positive and Negative valencies) ঃ (পুনঃ পঠনের সময় অনুধাব্য) NaCl যৌগ Na ও ক্লোরিন উভয়ের যোজ্যতা এক (1); সেইরূপ CaO যৌগে ক্যালসিয়াম ও অক্সিজেন উভয়ের যোজ্যতা দুই (2); তাই, এরূপ সংযোগী মৌলের যোজ্যতার প্রকৃতির পার্থক্য নির্ণয় করা সম্ভব হয় না। তড়িৎ-যোজী যৌগ (Ionic compound) গঠিত হয় পজিটিভ (ধনাত্মক) এবং নেগেটিভ (ঋণাত্মক) আয়নদ্বয়ের সংযোগে। যথা ঃ $Na^+ + Cl^- \rightarrow (Na^+Cl^-)$; কিন্তু সমযোজী যৌগ (Covalent compound) তড়িৎ বিশ্লেষ্য যৌগ (Electrolyte) নয় বলিয়া ইহারা আয়ন গঠন করে না। কিন্তু ইহাদের ঋণাত্মক ধর্ম বা ইলেকট্রো নেগেটিভিটি (Electronegativity)-র মাত্রায় তারতম্য বর্তমান। এরূপ সমযোজী যৌগের সংযোগ মৌলের পজিটিভ ও নেগেটিভ যোজ্যতা নির্ণয়ের জন্য ব্যবহারিক অর্থে, তুলনামূলকভাবে, স্বল্পতর ইলেকট্রোনেগেটিভ মৌলের যোজ্যতাকে পজিটিভ এবং উচ্চতর ইলেকট্রোনেগেটিভ মৌলের যোজ্যতাকে নেগেটিভ যোজ্যতা বলিয়া চিহ্নিত করা হয়। যথা ঃ CO_2 যৌগের যোজ্যতা লেখা যায় $C^{+4}O_2{}^{2(-2)}$; কয়েকটি উদাহরণ।

যৌগ	পজিটিভ যোজ্যতা	নেগেটিভ যোজ্যতা
HCl	H ঃ +1	Cl : −1
MgO	Mg ঃ +2	O : −2
NaH	Na ঃ +1	H : −1
$Ca(OH)_2$	Ca ঃ +2	OH : 2(−1)

যৌগ	পজিটিভ যোজ্যতা	নেগেটিভ যোজ্যতা
Na_2CO_3	Na : 2(+1)	CO_3 : (−2)
$Fe_2(SO_4)_3$	Fe : 2(+3)	SO_4 :3 (−2)
NH_4NO_3	NH_4 : +1	NO_3 : −1

2·7. সংকেত লিখন প্রণালী (Writing of Formula) :

সংকেত লিখিবার সাধারণ নিয়মরূপে বলা যায় যে (i) মৌলিক পদার্থ A যখন মৌলিক পদার্থ B-র সঙ্গে যুক্ত হইয়া অণু গঠন করে, তখন এমনভাবে অণুর সংকেত লিখিতে হইবে যাহাতে A-র যোজ্যতার মোট সংখ্যা B-র যোজ্যতার মোট সংখ্যার সমান হয়।

(ii) এরূপভাবে সংকেত লিখিবার সময় A-র যোজ্যতা বসাইতে হইবে B-র ডান পাশের নীচের দিকের কোণে এবং B-র যোজ্যতা বসাইতে হইবে A-র ডান পাশের নীচের দিকের কোণে। মনে কর, A-র যোজ্যতা 3 এবং B-র যোজ্যতা 2; সুতরাং A ও B-র সংযোজনে অণু গঠিত হইবে এইভাবে—

A-র যোজ্যতা 3; সুতরাং 2A পরমাণুর মোট যোজ্যতা $=2\times 3=6$

B-র যোজ্যতা 2; সুতরাং 3B পরমাণুর মোট যোজ্যতা $=3\times 2=6$

অর্থাৎ A-র মোট যোজ্যতা (6) = B-র মোট যোজ্যতা (6)

মৌলের যোজ্যতা অনুযায়ী অণুর সংকেত লিখন প্রণালীর কয়েকটি উদাহরণ :

উপরে যোজ্যতা নিচে প্রতীক	বিপরীত কোণে যোজ্যতা-লিখন	গঠিত অণুর সংকেত	যোজ্যতার সমতা	যৌগের নাম
$\overset{1}{H} + \overset{1}{Cl}$	$\overset{1}{H}\times\overset{1}{Cl}$	HCl	1 = 1	হাইড্রোজেন ক্লোরাইড
$\overset{2}{Mg} + \overset{2}{O}$	$\overset{2}{Mg}\times\overset{2}{O}$	Mg_2O_2 বা MgO	2 = 2	ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড
$\overset{1}{H} + \overset{2}{O}$	$\overset{1}{H}\times\overset{2}{O}$	H_2O	2 = 2	জল
$\overset{3}{N} + \overset{1}{H}$	$\overset{3}{N}\times\overset{1}{H}$	NH_3	3 = 3	অ্যামোনিয়া
$\overset{3}{Al} + \overset{3}{N}$	$\overset{3}{Al}\times\overset{3}{N}$	Al_3N_3 বা AlN	3 = 3	অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড
$\overset{3}{Al} + \overset{2}{O}$	$\overset{3}{Al}\times\overset{2}{O}$	Al_2O_3	6 = 6	অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড

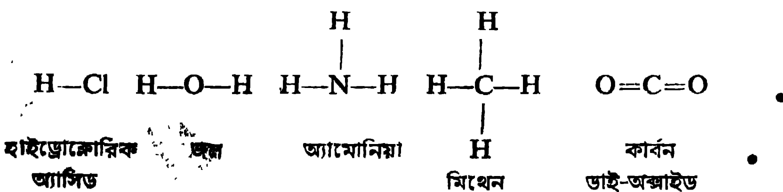
যৌগমূলকের সঙ্গে অণুর লিখন প্রণালী ঃ

$\overset{1}{Na} + \overset{1}{OH}$	$Na \times OH$ (1, 1)	$NaOH$	1=1	সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড
$\overset{1}{H} + \overset{2}{SO_4}$	$H \times SO_4$ (1, 2)	H_2SO_4	2=2	সালফিউরিক অ্যাসিড
$\overset{2}{Mg} + \overset{2}{CO_3}$	$Mg \times CO_3$ (2, 2)	$MgCO_3$	2=2	ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট
$\overset{2}{Ca} + \overset{3}{PO_4}$	$Ca \times PO_4$ (2, 3)	$Ca_3(PO_4)_2$	6=6	ক্যালসিয়াম ফসফেট
$\overset{1}{Na} + \overset{1}{NO_3}$	$Na \times NO_3$ (1, 1)	$NaNO_3$	1=1	সোডিয়াম নাইট্রেট

[উল্লিখিত উপায়ে সোডিয়াম ক্লোরাইড, কিউপ্রিক ক্লোরাইড, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড, ক্যালসিয়াম অক্সাইড, সোডিয়াম অক্সাইড, হাইড্রোজেন সালফাইড, ফেরাস সালফাইড, কার্বন ডাই-অক্সাইড, সালফার ট্রাই-অক্সাইড, ফসফিন, মিথেন, নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড, ফসফরাস পেন্টক্সাইড, পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড, ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড, ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রেট, ক্যালসিয়াম সালফেট, ফেরাস সালফেট, ম্যাগনেসিয়াম ফসফেটের সংকেত লিখ।]

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য যৌগ বা তড়িৎ-যোজী যৌগের পজিটিভ চার্জবাহী অংশকে বলা হয় পজিটিভ র‍্যাডিক্যাল এবং নেগেটিভ চার্জবাহী অংশকে বলা হয় নেগেটিভ র‍্যাডিক্যাল। এরূপ র‍্যাডিক্যালের পজিটিভ চার্জ (+) এবং নেগেটিভ চার্জের (−) মাত্রা দ্বারা যৌগের সংযোগী অংশের পজিটিভ ও নেগেটিভ যোজ্যতা নির্দেশ করা যায়। অপর পৃষ্ঠায় পজিটিভ ও নেগেটিভ ভ্যালেন্সী চিহ্নিত করিয়া কয়েকটি যৌগের সংকেতের উদাহরণ দেওয়া হইল।

2·8. যৌগ অণুর আকৃতির সংকেত (Structural Formula of a molecule) ঃ একটি যৌগ অণুর কাঠামোর মধ্যে কিভাবে ইহার পরমাণুগুলি পরস্পর সংযুক্ত থাকে তাহার আকৃতিক গঠনকে বলা হয় অণুর আকৃতিক সংকেত। এরূপ আকৃতিক সংকেতে এক একটি যোজ্যতা এক একটি যোজক রেখা বা বণ্ডরূপে (bond) প্রকাশ করা হয়। যথা ঃ



কয়েকটি সাধারণ যৌগের সংকেত (Formula of some Common Compounds)

পজিটিভ র‍্যাডিক্যাল	নেগেটিভ র‍্যাডিক্যাল							
	ক্লোরাইড Cl^-	অক্সাইড $O^=$	সালফাইড $S^=$	হাইড্রক্সাইড $(OH)^-$	নাইট্রেট $(NO_3)^-$	কার্বনেট $(CO_3)^=$	সালফেট $(SO_4)^=$	ফসফেট $(PO_4)^{\equiv}$
হাইড্রোজেন (H^+)	HCl	H_2O	H_2S	$HOH(H_2O)$	HNO_3	H_2CO_3	H_2SO_4	H_3PO_4
সোডিয়াম (Na^+)	$NaCl$	Na_2O	Na_2S	$NaOH$	$NaNO_3$	Na_2CO_3	Na_2SO_4	Na_3PO_4
ক্যালসিয়াম (Ca^{++})	$CaCl_2$	CaO	CaS	$Ca(OH)_2$	$Ca(NO_3)_2$	$CaCO_3$	$CaSO_4$	$Ca_3(PO_4)_2$
জিংক (Zn^{++})	$ZnCl_2$	ZnO	ZnS	$Zn(OH)_2$	$Zn(NO_3)_2$	$ZnCO_3$	$ZnSO_4$	$Zn_3(PO_4)_2$
অ্যালুমিনিয়াম (Al^{+++})	$AlCl_3$	Al_2O_3	Al_2S_3	$Al(OH)_3$	$Al(NO_3)_3$	$Al_2(CO_3)_3$	$Al_2(SO_4)_3$	$AlPO_4$
ফেরাস (Fe^{++})	$FeCl_2$	FeO	FeS	$Fe(OH)_2$	$Fe(NO_3)_2$	$FeCO_3$	$FeSO_4$	$Fe_3(PO_4)_2$
ফেরিক (Fe^{+++})	$FeCl_3$	Fe_2O_3	Fe_2S_3	$Fe(OH)_3$	$Fe(NO_3)_3$	$Fe_2(CO_3)_3$	$Fe_2(SO_4)_3$	$FePO_4$
সিলভার (Ag^+)	$AgCl$	Ag_2O	Ag_2S	$AgOH$	$AgNO_3$	Ag_2CO_3	Ag_2SO_4	Ag_3PO_4
অ্যামোনিয়াম (NH_4^+)	NH_4Cl	......	$(NH_4)_2S$	NH_4OH	NH_4NO_3	$(NH_4)_2CO_3$	$(NH_4)_2SO_4$	(NH[illegible]$_4$

2·9. [illegible]র আকার (Shape of molecule) ঃ দুইটি পরমাণু দ্বারা গঠিত যৌগের অণুতে পরমাণু দুইটি [illegible]খার আকারে (linear) সংযুক্ত থাকে কিন্তু তিনটি বা তদূর্ধ্ব বেশী পরমাণু দ্বারা গঠিত যৌগের অণুতে এরূপ সংযোজক **রৈখিক** (linear) হইতে পারে অথবা কোণাকারও হইতে পারে (angular), উদাহরণ স্বরূপ ঃ—হাইড্রোজেন অণুতে (H_2) বা কার্বন ডাই-অক্সাইড অণুতে (CO_2) সংযোজক বাহুগুলি **রৈখিক**। কিন্তু জলের অণুতে অক্সিজেন (O) পরমাণুকে কেন্দ্র করিয়া যে দুইটি O—H এবং O—H যোজক বা বাহু বা বণ্ড গঠিত হয় সেই বাহুগুলি পরস্পরে 104° 31′ কোণ (angle) গঠন করে। অ্যামোনিয়ার অণু পিরামিডের আকারে গঠিত। পিরামিডের N শীর্ষের সঙ্গে N—H বাহুগুলি 108° কোণ সৃষ্টি করিয়া পিরামিডের আকৃতির সংযোজকরূপে গঠিত থাকে। মিথেন অণুতে কার্বন পরমাণুকে কেন্দ্র করিয়া সূচ্যাকার চতুর্ভুজ (tetra hedron) আকারে গঠিত পরমাণুর কাঠামোর চার কোণে অবস্থিত থাকে চারটি হাইড্রোজেন পরমাণু। এরূপ সূচ্যাকার চতুর্ভুজাকৃতি অণুর C—H বাহু চারটি পরস্পরের সঙ্গে 109° 28′ কোণ সৃষ্টি করে।

2·10. রাসায়নিক বিক্রিয়া ও সমীকরণ (Chemical reaction and equation) ঃ

(i) **রাসায়নিক বিক্রিয়া** (Chemical reaction) ঃ একটি যৌগে বা একাধিক যৌগের মিশ্রণে চাপ, তাপ, আলোক বা তড়িৎ ইত্যাদির প্ররোচনার ফলে যে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে তাহার ফলে ব্যবহৃত যৌগ বা যৌগগুলির অণু বা অণুগুলি যে ভাবে বিভিন্নধর্মী এক বা একাধিক যৌগের অণুতে পরিণত হয় সেই রাসায়নিক পরিবর্তনের পদ্ধতিকে বলা হয় **রাসায়নিক বিক্রিয়া**। যে যৌগ বা যৌগগুলি এরূপ বিক্রিয়া সাধনের জন্য ব্যবহার করা হয় তাহাকে বা তাহাদের বলা হয় **বিকারক** (reactant) এবং বিক্রিয়ার ফলে যে বিভিন্নধর্মী যৌগ গঠিত হয় তাহাকে বলা হয় **বিক্রিয়ালব্ধ** বা **উৎপন্ন** যৌগ (Product or resultant)।

রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে এক বস্তু সম্পূর্ণরূপে ভিন্নধর্মী নূতন বস্তুতে পরিণত হয় বটে কিন্তু বস্তুর মূল উপাদান তথা পরমাণুর গঠন ও সংখ্যার কোন পরিবর্তন হয় না। রাসায়নিক বিক্রিয়ার আগে যে কয়টি পরমাণু থাকে, বিক্রিয়ার পরেও ঠিক সেই কয়টি পরমাণু তেমনি অবিকৃত অবস্থায় থাকে। পরমাণুগুলি শুধু এক শ্রেণীর অণুর কাঠামো ভাঙিয়া আবার নূতন ধরনের কাঠামোর নূতন শ্রেণীর অণু গড়িয়া তোলে।

পরমাণুর প্রতীক-চিহ্নের সাহায্যে অণুর সংকেত লিখিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়ার পরিচয় দেওয়া যায়।

(ii) **রাসায়নিক সমীকরণ** (Chemical equation) ঃ যে পদ্ধতিতে গাণিতিক চিহ্ন ও রাসায়নিক সংকেতের সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ অণুগুলির মধ্যে সমতা স্থাপনের সংক্ষিপ্ত সাংকেতিক পরিচয় প্রকাশ করা হয়, তাহাকে **রাসায়নিক সমীকরণ** (Chemical equation) বলা হয়।

2·11. সমীকরণ লেখার পদ্ধতি (Stepts for writing Equations)

বিভিন্ন রাসায়নিক দ্রব্যের মধ্যে যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে তাহার সমীকরণ লেখা হয় নিম্নরূপভাবে :

(i) **বিকারক ও উৎপন্ন পদার্থের সংকেত লিখন** (Formula of reactants and products) : রাসায়নিক সমীকরণ লেখার সময় মৌলিক ও যৌগিক পদার্থের সংকেত লিখিতে হয় **অণু রূপে—পরমাণু রূপে নয়।** হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন ইত্যাদি মৌলিক পদার্থগুলির অণুর সংকেত H_2, O_2, N_2 ও Cl_2। কিন্তু ধাতু ও কার্বনের ন্যায় কঠিন ও তরল অবস্থার মৌলিক পদার্থের অণুগুলি একটিমাত্র পরমাণুরূপে গঠিত। তাই ইহাদের অণুর সংকেত—Na, Mg, Fe, C ইত্যাদি। স্বাভাবিক অবস্থায় কঠিন পদার্থরূপে প্রাপ্ত অধাতব সালফার ও ফসফরাসের অণু বিভিন্ন অবস্থায় একাধিক পরমাণু দ্বারা গঠিত হওয়া সত্ত্বেও সাধারণত সংকেত লেখার সময় ইহাদের এক পারমাণবিক অণুরূপে ধরা হয়। যথা : সালফার অণু—S, ফসফরাস অণু—P.

(ii) **বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের অণুর সংকেতের স্থান** (Position of the formula of reactants and products) : যে-সব পদার্থের মধ্যে পরস্পরের সংযোগে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে সেই সব পদার্থের অর্থাৎ বিকারকের (reactant) **অণুর সংকেত লিখিতে হয় বাম পাশে** এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ার পর যে সব নূতন পদার্থ গঠিত হয় সেই সব পদার্থ অর্থাৎ বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের **অণুর সংকেত লিখিত হয় ডান পাশে।**

(iii) **একাধিক বিকারক বা একাধিক বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের সংযোগ চিহ্ন** (Formula of more than one reactants and products) : একাধিক পদার্থের সংযোগে যদি বিক্রিয়া ঘটে এবং বিক্রিয়ার পরে যদি একাধিক পদার্থ গঠিত হয় তবে বিভিন্ন পদার্থের সংকেতগুলি **যোগ চিহ্ন দ্বারা সংযুক্ত করা হয়।**

কস্টিক সোডার সঙ্গে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় লবণ ও জল তৈরী হয়। তাই, বাম পাশে বিকারকের সংকেত লিখিতে হইবে—$NaOH+HCl$ এবং ডান পাশে উৎপন্ন দ্রব্যের সংকেত হইবে—$NaCl+H_2O$.

(iv) **বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের পরিমাণের সমতা নির্ধারণ** (Balancing of the quantity of reactants and products) : রাসায়নিক বিক্রিয়ার আগে বিভিন্ন পদার্থের অণুর মধ্যে যত সংখ্যক পরমাণু থাকে বিক্রিয়ার পরেও নূতন পদার্থের মধ্যে ঠিক তত সংখ্যক পরমাণু বর্তমান থাকে। তাই, বিক্রিয়ার আগে রাসায়নিক পদার্থের মোট যে ওজন থাকে, বিক্রিয়ার পরেও নূতন রাসায়নিক পদার্থের ওজন সেইরূপই থাকে। সুতরাং বিক্রিয়ার আগের অণু জোটকে বিক্রিয়ার পরের অণু-জোটের সঙ্গে সমতা চিহ্ন (=) দ্বারা সংযুক্ত করিয়া সমীকরণ (equation) লেখা হয়।

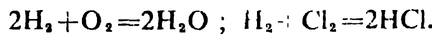
সুত[illegible] কস্টিক সোডা ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে যে লবণ ও জল তৈয়ারী হয় সেই [illegible]াটিকে লিখিতে হইবে এইভাবে ঃ



$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$

এই বিক্রিয়ার ক্ষার ও অ্যাসিড অণুতে প্রথমে ছিল একটি সোডিয়াম, একটি অক্সিজেন, একটি ক্লোরিন ও দুইটি হাইড্রোজেন অর্থাৎ মোট পাঁচটি পরমাণু। বিক্রিয়ার পরে লবণ ও জলের অণুতে পাওয়া যায় $Na + Cl + H + H + O$ অর্থাৎ সেই এক সংখ্যক বিভিন্ন পরমাণু সহ মোট পাঁচটি পরমাণু। তাই, প্রক্রিয়ার আগে ও পরে পরমাণুর প্রকৃতি, সংখ্যা এবং ওজনের সমতা রক্ষা পায়। প্রক্রিয়ার আগে ক্ষার ও অ্যাসিডের মোট ওজন ছিল, তথা $23 + 16 + 35{\cdot}5 + 1 + 1 = 76{\cdot}5$, প্রক্রিয়ার পরে জল ও লবণের মোট ওজন দাঁড়ায়, তথা $23 + 35{\cdot}5 + 1 + 1 + 16 = 76{\cdot}5$; রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে বিকারক অণুর প্রকৃতির পরিবর্তন ঘটে এবং নূতন অণু গঠিত হয়।

(v) **একাধিক অণুর সংকেত লিখন** (Formula with more than one molecules) ঃ বিক্রিয়ার আগে বা পরে একই পদার্থের অণুর সংখ্যা যদি একাধিক হয় তবে সেই সংখ্যা অণুর সংকেতের আগে লেখা হয়। যথা ঃ



$$2H_2 + O_2 = 2H_2O \; ; \; H_2 + Cl_2 = 2HCl.$$

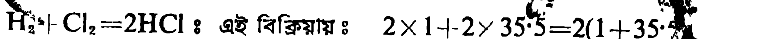
2·12. রাসায়নিক সমীকরণের তাৎপর্য (Meaning of a chemical equation) ঃ রাসায়নিক সমীকরণের সাহায্যে নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানা যায় :

(i) **বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ দ্রব্যের পরিচয়** ঃ কোন পদার্থের সঙ্গে কোন পদার্থের রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং তার ফলে কি কি নূতন পদার্থ তৈয়ারী হয়, সমীকরণ অনুধাবনে তাহার অর্থাৎ বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের পরিচয় জানা যায়। যথা ঃ $H_2 + Cl_2 = 2HCl$, এই বিক্রিয়ায় জানা যায় যে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ অণু সংযুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু গঠন করে।

(ii) **অণুর সংখ্যা নির্ণয়** ঃ রাসায়নিক বিক্রিয়ার জন্য কয়টি করিয়া বিকারক অণুর প্রয়োজন এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ার পরে কয়টি করিয়া বিক্রিয়ালব্ধ নূতন অণু গঠিত হয় তাহাও জানা যায়। যথা ঃ উপরের বিক্রিয়া অনুযায়ী একটি হাইড্রোজেন (H_2) অণু, একটি ক্লোরিন (Cl_2) অণু মিলিয়া দুইটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) অণু গঠন করে।

(iii) **পরমাণুর সংখ্যা নির্ণয়** ঃ বিক্রিয়ার আগে ও পরে মোট পরমাণুর ও অণুর সংখ্যা জানা যায়। যথা ঃ $H_2 + Cl_2 = 2HCl$ অর্থাৎ, $2 + 2 = 2\ (1 + 1)$; অর্থাৎ আগে ছিল 4টি পরমাণু, পরেও আছে 4টি পরমাণু এবং বিক্রিয়ার আগে ছিল দুইটি হাইড্রোজেন ও দুইটি ক্লোরিন পরমাণু এবং পরে গঠিত দুইটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণুর মধ্যেও দুইটি হাইড্রোজেন এবং দুইটি ক্লোরিন পরমাণু রহিয়াছে।

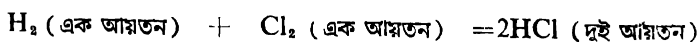
(iv) **উৎপাদক ও উৎপন্ন দ্রব্যের ওজন নির্ণয়ঃ** রাসায়নিক বিক্রিয়ার জন্য কত ওজনের কোন্ পদার্থ প্রয়োজন এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ার পরে কত ওজনের কোন্ পদার্থ তৈরী হয় তাহাও অর্থাৎ বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের ওজন জানা যায়।



$H_2 + Cl_2 = 2HCl$ ঃ এই বিক্রিয়ায়ঃ $2 \times 1 + 2 \times 35{\cdot}5 = 2(1 + 35{\cdot}5)$

অর্থাৎ, গ্রাম হিসাবে ধরা হইলে বলা যায়, 2 গ্রাম হাইড্রোজেনের সঙ্গে 71 গ্রাম ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় 73 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

(v) **আয়তনের পরিমাণ নির্ণয়ঃ** রাসায়নিক বিক্রিয়ার আগে ও পরে পদার্থ যদি গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে তবে সমীকরণ হইতে আয়তনের হিসাবও জানা যায়।



H_2 (এক আয়তন) $+$ Cl_2 (এক আয়তন) $= 2HCl$ (দুই আয়তন)

অর্থাৎ, এক অণু পরিমাণ গ্যাসীয় দ্রব্যের জন্য আয়তনের পরিমাণ যদি এক ধরা হয়, তাহা হইলে দুই অণুর জন্য আয়তনের পরিমাণ হইবে দুই, ইত্যাদি। আয়তনের পরিমাণ মিলিলিটার (ml.) হিসাবে ধরা হইলে উল্লিখিত সমীকরণ দেখিয়া বলা যায়, এক ml. হাইড্রোজেনের সঙ্গে এক ml. ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় দুই ml. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড তৈরী হইবে।

2·13. সমীকরণের অসম্পূর্ণতা (Limitation of chemical equation)ঃ রাসায়নিক সমীকরণ দ্বারা রাসায়নিক বিক্রিয়ার অনেক মূল্যবান তথ্য জানা সম্ভব হইলেও সব তথ্য জানা যায় না। **সমীকরণ দ্বারা বিক্রিয়ার পরিবেশ, সময় এবং বিকারক ও উৎপন্ন দ্রব্যের সম্পূর্ণ ভৌতিক ও রাসায়নিক ধর্ম ইত্যাদি জানা সম্ভব হয় না।**

(i) কি কি প্রধান শর্তে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে, অর্থাৎ রাসায়নিক পরিবর্তনের জন্য তাপ, চাপ, তড়িৎ ইত্যাদি কিরূপ প্ররোচক প্রয়োজন—সমীকরণ তাহা ব্যক্ত করিতে অক্ষম।

(ii) বিক্রিয়ার ফলে তাপের সৃষ্টি হয় না অভাব ঘটে, অর্থাৎ বিক্রিয়াটি তাপ উদ্ভাবক বা তাপ-হারক সমীকরণ হইতে তাহা জানার উপায় নাই।

(iii) রাসায়নিক বিক্রিয়ার জন্য কত সময়ের প্রয়োজন হয় সমীকরণ দ্বারা তাহা জানা সম্ভব নয়। অর্থাৎ বিক্রিয়া সঙ্গে সঙ্গেই ঘটে কিনা বা দ্রুত অথবা মন্থর গতিতে ঘটে তাহা বলা যায় না।

(iv) বিক্রিয়ার জন্য বিকারক পদার্থের গাঢ়ত্ব (conc.) কিরূপ; বিক্রিয়ার জন্য ইহাদের দ্রবীভূত করা দরকার কিনা,—সমীকরণ দৃষ্টে তাহা জানা যায় না।

(v) বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলি বিক্রিয়ার আগে ও পরে কিরূপ ভৌত অবস্থায় থাকে অর্থাৎ কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে কিনা সমীকরণ হইতে তাহা জানা যায় না।

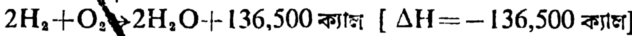
(vi) বিক্রিয়ার ফলে প্রাপ্ত বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলি নিজেদের মধ্যে পুনরায় বিক্রিয়া ঘটাইয়া আবার বিকারকে পরিণত হয় কি না অর্থাৎ প্রতিমুখী বিক্রিয়া (reversible reaction) ঘটে কিনা,—সমীকরণ দৃষ্টে তাহা জানা সম্ভব নয়।

2.14. সমীকরণ লেখার আধুনিক পদ্ধতি (Modern forms of writing equations)

(i) **তাপ উদ্ভাবক** (Exothermic or Exo-energic) **এবং তাপ আহরক** (Endothermic or Endo-energic) **বিক্রিয়ার সমীকরণ**ঃ যে বিক্রিয়ার তাপ সৃষ্টি হয়, তাকে বলা হয় **তাপ উদ্ভাবক** বিক্রিয়া এবং যে বিক্রিয়ায় তাপ সরবরাহ করা প্রয়োজন হয় অর্থাৎ বিক্রিয়ার সময়ে তাপ হ্রাস পায় তাকে বলা হয় **তাপ আহরক** বিক্রিয়া। এরূপ বিক্রিয়ায় যে তাপ সৃষ্টি হয় বা হ্রাস পায় তাহা ΔH চিহ্ন দ্বারা নির্দিষ্ট করা হয়। যথা ঃ

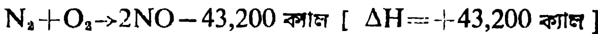


$Fe + S \rightarrow FeS + 24{,}000$ ক্যাল (Cal) [$\Delta H = -24{,}000$ ক্যাল]



$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + 136{,}500$ ক্যাল [$\Delta H = -136{,}500$ ক্যাল]

উপরের তাপ উদ্ভাবক বিক্রিয়া দুইটিতে যথাক্রমে 24,000 ক্যালরি এবং 136,500 ক্যালরি তাপ উৎপন্ন হয় অর্থাৎ সমগ্র বিকারক এরূপ তাপ-শক্তি ত্যাগ (−) করে।



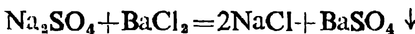
$N_2 + O_2 \rightarrow 2NO - 43{,}200$ ক্যাল [$\Delta H = +43{,}200$ ক্যাল]

এই বিক্রিয়া সম্পন্ন করার জন্য বিকারকের পরিবেশ হইতে 43,200 ক্যালরি তাপ শক্তি আহরিত (+) হয়,—তাই, এরূপ বিক্রিয়ার সময়ে বাহ্যিক পরিবেশের তাপ হ্রাস পায়।

(ii) **বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের গ্যাসীয়** (gaseous) **বা অধঃক্ষীপ্ত** (Precipitation) **অবস্থা**ঃ বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ যদি গ্যাসীয় অবস্থায় উৎপন্ন হয়, তবে ইহা (g) বা **উর্দ্ধমুখী** কীলক চিহ্ন (↑) দ্বারা এবং যদি অধঃক্ষিপ্ত হয়, তবে (s) বা নিম্নমুখী কীলক চিহ্ন (↓) দ্বারা নির্দিষ্ট করা হয়। যথা ঃ

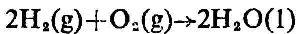


$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2 \uparrow$

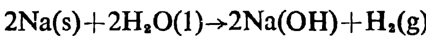


$Na_2SO_4 + BaCl_2 = 2NaCl + BaSO_4 \downarrow$

(iii) **বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের ভৌত অবস্থার পরিচায়ক সমীকরণ** (Physical state of reactants and products)ঃ পদার্থের কঠিন (solid) অবস্থা, (s), তরল (liquid) অবস্থা (l), গ্যাসীয় (gasious) অবস্থা (g) এবং জলে দ্রবীভূত (aqueous) অবস্থা (aq) এরূপ আবদ্ধ অক্ষর দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। গ্যাসীয় অবস্থা(↑) চিহ্ন এবং অধঃক্ষিপ্ত কঠিন অবস্থা (↓) চিহ্ন দ্বারাও নির্দিষ্ট করা হয়। যথা:

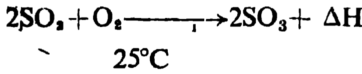


$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$

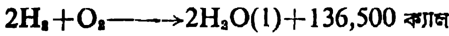


$2Na(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 2Na(OH) + H_2(g)$

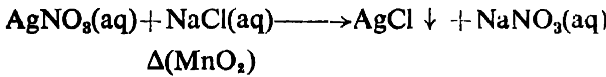
(vi) **বিক্রিয়ার বিভিন্ন অবস্থা ও শর্তের সংযুক্ত সমীকরণ**ঃ বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ কিরূপ ভৌতিক অবস্থায় থাকে, বিক্রিয়া সম্পন্ন করার জন্য কোন অনুঘটক (catalyst) প্রয়োজন হয় কিনা; বিক্রিয়ায় তাপ উৎপন্ন হয় অথবা হ্রাস পায়; বিকারক বা বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলি কঠিন বা দ্রবীভূত অথবা বিক্রিয়ার পরে অধঃক্ষিপ্ত অবস্থায় থাকে—এরূপ বিষয়গুলিও সংযুক্তভাবে সমীকরণের আকারে লেখা যায়। যথা ঃ



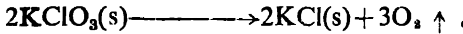
$$2SO_2+O_2 \xrightarrow[25^\circ C]{\text{অনুঘটক}} 2SO_3+\Delta H$$



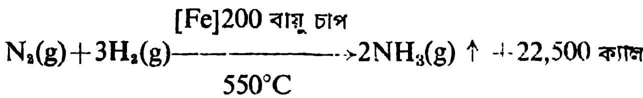
$$2H_2+O_2 \longrightarrow 2H_2O(l)+136,500 \text{ ক্যাল}$$



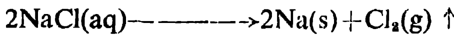
$$AgNO_3(aq)+NaCl(aq) \longrightarrow AgCl\downarrow+NaNO_3(aq)$$



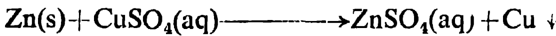
$$2KClO_3(s) \xrightarrow{\Delta(MnO_2)} 2KCl(s)+3O_2\uparrow$$



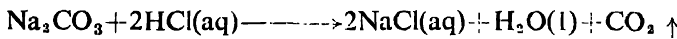
$$N_2(g)+3H_2(g) \xrightarrow[550^\circ C]{[Fe]200 \text{ বায়ু চাপ}} 2NH_3(g)\uparrow+22,500 \text{ ক্যাল}$$



$$2NaCl(aq) \xrightarrow{\text{তড়িৎপাত}} 2Na(s)+Cl_2(g)\uparrow$$



$$Zn(s)+CuSO_4(aq) \longrightarrow ZnSO_4(aq)+Cu\downarrow$$



$$Na_2CO_3+2HCl(aq) \longrightarrow 2NaCl(aq)+H_2O(l)+CO_2\uparrow$$

2·15. সমীকরণের সমতাবিধানের পদ্ধতি (Balancing of equation) ঃ

রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমীকরণের সমতাবিধানের বা ব্যালেন্সিং পদ্ধতি আয়ত্বে আনার জন্য তিনটি মূল বিষয় সম্বন্ধে পূর্বে অবহিত থাকা প্রয়োজন। যথা ঃ (i) বিক্রিয়ার পরিণতি এবং বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের অণুসমূহের সঠিক সংকেত বা ফর্মুলা; (ii) বিক্রিয়ার পূর্বে বা পরে পদার্থ সমূহ কখনও পরমাণুরূপে বর্তমান থাকে না—থাকে অণুরূপে; এবং (iii) বিক্রিয়ার পূর্বে বা পরে যে কোন যৌগের অণু এক বা একাধিক পূর্ণ সংখ্যায় বর্তমান থাকে—অণু কখনও ভগ্নাংশে বর্তমান থাকে না।

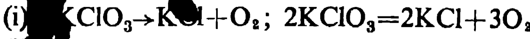
(1) **পরীক্ষণ-নিরীক্ষণ বা যাচাই-বাছাই পদ্ধতি** (Hit and trial or trial and error method) ঃ (i) পূর্বে বর্ণিত অণুর সংকেত লেখার পদ্ধতি অনুযায়ী বামে বিকারক অণু বা অণুগুলির সংকেত এবং ডাইনে বিক্রিয়ালব্ধ বা বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অণু বা অণুগুলির সংকেত লিখিতে হয় তীর চিহ্ন (→) দ্বারা ডাইন ও বাম অংশ দুইটিকে সংযুক্ত করিয়া। (ii) প্রথমে এরূপ অণুগুলি এক একটি অণুরূপে লিখিতে হয়। যথা ঃ

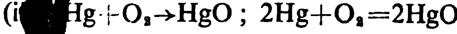


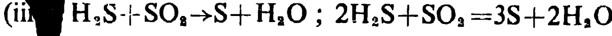
$$H_2+O_2 \rightarrow H_2O$$

(iii) বিক্রিয়ার আগে বিকারক অণুগুলিতে বিভিন্ন মৌলের যে কয়টি পরমাণু থাকে, বিক্রিয়ার পরে উৎপন্ন নতুন অণু বা অণুগুলিতে অবশ্যই সেই মৌলগুলির সমসংখ্যক পরমাণু বর্তমান থাকিবে। অর্থাৎ বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ অণুগুলিতে বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর সংখ্যা অবশ্যই সমান হইবে। সুতরাং বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ অণুগুলির পরমাণুর সংখ্যা গণনা করিয়া পরীক্ষামূলকভাবে প্রয়োজন অনুযায়ী দুইপাশের অণুগুলির সংখ্যা বৃদ্ধি করিয়া,—বিভিন্ন অণুর পূর্বে যে পূর্ণ সংখ্যা বসাইবার ফলে বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ অণুগুলির বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর সংখ্যা

যখন সমান হয় তখন সমতা চিহ্ন (=) বসাইয়া সমীকরণের সমতাবিধান বা ব্যালেন্সিং সম্পূর্ণ করিতে হয়। যথা : $2H_2+O_2=2H_2O$; কয়েকটি উদাহরণ :


(i) $KClO_3 \rightarrow KCl+O_2$; $2KClO_3=2KCl+3O_2$


(ii) $Hg+O_2 \rightarrow HgO$; $2Hg+O_2=2HgO$


(iii) $H_2S+SO_2 \rightarrow S+H_2O$; $2H_2S+SO_2=3S+2H_2O$

(2) **বিক্রিয়ার অংশক্রমিক পদ্ধতিতে সমতাবিধান** (Partial equation method) : বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থে যদি বহু অণু বর্তমান থাকে এবং একপ্রকার মৌলের পরমাণু যদি একাধিক অণুর মধ্যে অবস্থিত থাকে, তবে এরূপ বিক্রিয়ার সমীকরণের ক্ষেত্রে জটিলতা দেখা দেয়। এরূপ জটিল বিক্রিয়ার সমীকরণ বিধানের জন্য অনুরূপ পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়। যথা :

(i) এরূপ জটিল বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে এই ধারণা করা হয় যে এরূপ বিক্রিয়া ঘটে একাধিক পর্যায়ে এবং আংশিকভাবে।

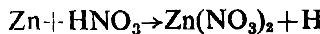
(ii) পর্যায়ক্রমে এরূপ আংশিক বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ আলাদাভাবে পরীক্ষণ নিরীক্ষণ পদ্ধতি অনুযায়ী সম্পন্ন করা হয়।

(iii) প্রথম পর্যায়ের বিক্রিয়ায় যে বিক্রিয়ালব্ধ নতুন অণু গঠিত হয়, পরের পর্যায়ের বিক্রিয়ায় সেই অণু বা অণুগুলি বিকারকের কাজ করে।

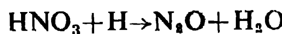
(iv) প্রথম ও দ্বিতীয় পর্যায়ের বিক্রিয়াগুলি প্রাপ্ত অবস্থায় যোগ করিয়া অথবা দ্বিতীয় পর্যায়ের বিক্রিয়াটি ডাইনে ও বামে প্রয়োজনীয় কোন পূর্ণ সংখ্যা দ্বারা গুণ করিবার পর বিক্রিয়া দুইটি যোগ করিতে হয়। এরূপ যোগ করার ফলে মধ্যবর্তী বিক্রিয়াগুলির ডাইনে ও বামে অবস্থিত সম-প্রকার ও সম-সংখ্যক অণুগুলি কাটাকাটি করিয়া এরূপ মধ্যবর্তী বিক্রিয়াগুলি কাটাকাটি করার পরে যে বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ অণুগুলি অবশিষ্ট থাকে,—তাহা অন্তিম পর্যায়ের চূড়ান্ত সমীকরণ। যথা :

(i) (ক) জিংক ও লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় জিংক নাইট্রেট, নাইট্রাস অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়।

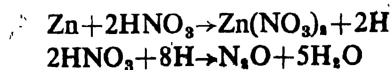
(খ) প্রথম পর্যায়ে নাইট্রিক অ্যাসিড ও জিংকের বিক্রিয়ায় জিংক নাইট্রেট ও জায়মান (nascent) হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।


$$Zn+HNO_3 \rightarrow Zn(NO_3)_2+H$$

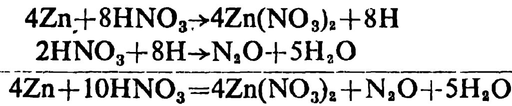
(গ) এই জায়মান হাইড্রোজেন অতিরিক্ত নাইট্রিক অ্যাসিডকে বিজারিত করিয়া নাইট্রাস অক্সাইড ও জল উৎপন্ন করে।


$$HNO_3+H \rightarrow N_2O+H_2O$$

(ঘ) এই বিক্রিয়া দুইটির পরীক্ষণ-নিরীক্ষণ পদ্ধতিতে সমীকরণের সমতাবিধান করিলে দাঁড়ায় :

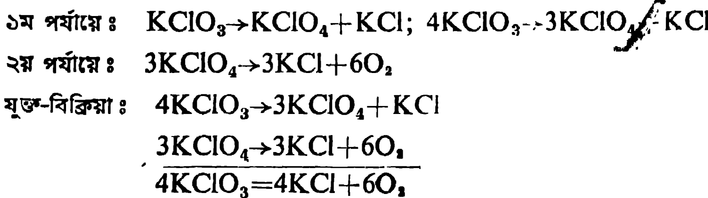

$$Zn+2HNO_3 \rightarrow Zn(NO_3)_2+2H$$
$$2HNO_3+8H \rightarrow N_2O+5H_2O$$

(i) প্রথম পর্যায়ের সমীকরণে পাওয়া যায় 2H, দ্বিতীয় বিক্রিয়ায় 8H ; সুতরাং ইহাদের কাটাকাটি করার প্রয়োজনে প্রথম পর্যায়ের বিক্রিয়ার বাম ও ডাইনের অণুগুলি 4 দ্বারা গুণ করিয়া, বিক্রিয়া দুইটিকে যোগ করিলে দাঁড়ায় ঃ



$$4Zn+8HNO_3 \rightarrow 4Zn(NO_3)_2+8H$$
$$2HNO_3+8H \rightarrow N_2O+5H_2O$$
$$\overline{4Zn+10HNO_3=4Zn(NO_3)_2+N_2O+5H_2O}$$

(ii) পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিলে পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন তৈরী হয়। এরূপ বিক্রিয়া ঘটে দুই পর্যায়ে। যথা ঃ



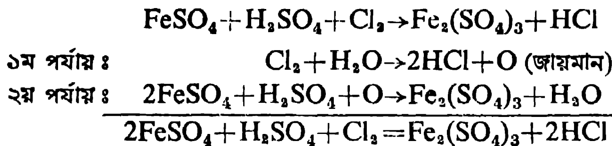
১ম পর্যায়ে ঃ $KClO_3 \rightarrow KClO_4+KCl$; $4KClO_3 \rightarrow 3KClO_4+KCl$

২য় পর্যায়ে ঃ $3KClO_4 \rightarrow 3KCl+6O_2$

যুক্ত-বিক্রিয়া ঃ $4KClO_3 \rightarrow 3KClO_4+KCl$

$$3KClO_4 \rightarrow 3KCl+6O_2$$
$$\overline{4KClO_3=4KCl+6O_2}$$

(iii) সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত ফেরাস সালফেট দ্রবণে ক্লোরিন চালাইলে ফেরিক সালফেট ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



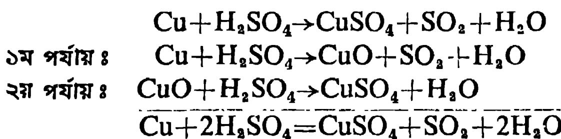
$$FeSO_4+H_2SO_4+Cl_2 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3+HCl$$

১ম পর্যায় ঃ $Cl_2+H_2O \rightarrow 2HCl+O$ (জায়মান)

২য় পর্যায় ঃ $2FeSO_4+H_2SO_4+O \rightarrow Fe_2(SO_4)_3+H_2O$

$$\overline{2FeSO_4+H_2SO_4+Cl_2=Fe_2(SO_4)_3+2HCl}$$

(iv) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে কপারের উত্তাপনের ফলে কপার সালফেট, সালফার ডাই-অক্সাইড ও জল অণু উৎপন্ন হয়। যথা ঃ



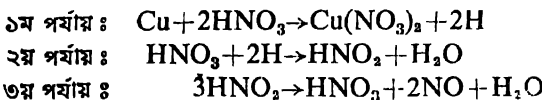
$$Cu+H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4+SO_2+H_2O$$

১ম পর্যায় ঃ $Cu+H_2SO_4 \rightarrow CuO+SO_2+H_2O$

২য় পর্যায় ঃ $CuO+H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4+H_2O$

$$\overline{Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+SO_2+2H_2O}$$

(v) লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড ও কপারের বিক্রিয়ায় কপার নাইট্রেট, নাইট্রাস অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়।

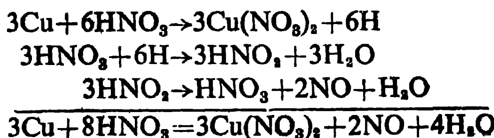


১ম পর্যায় ঃ $Cu+2HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2+2H$

২য় পর্যায় ঃ $HNO_3+2H \rightarrow HNO_2+H_2O$

৩য় পর্যায় ঃ $3HNO_2 \rightarrow HNO_3+2NO+H_2O$

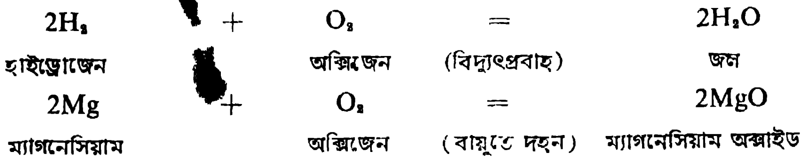
১ম ও ২য় পর্যায়ের বিক্রিয়াদ্বয়কে 3 সংখ্যা দ্বারা গুণ করার পরে বিক্রিয়া দাঁড়ায় ঃ



$$3Cu+6HNO_3 \rightarrow 3Cu(NO_3)_2+6H$$
$$3HNO_3+6H \rightarrow 3HNO_2+3H_2O$$
$$3HNO_2 \rightarrow HNO_3+2NO+H_2O$$
$$\overline{3Cu+8HNO_3=3Cu(NO_3)_2+2NO+4H_2O}$$

2·16. রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাধারণ শ্রেণীবিভাগ (General classification of che[illegible]al reaction) **:** বিভিন্ন পদ্ধতিতে যে সমস্ত রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে সেগুলিকে কয়েকটি [illegible]রণ শ্রেণীতে[illegible]ভক্ত করা যায়।

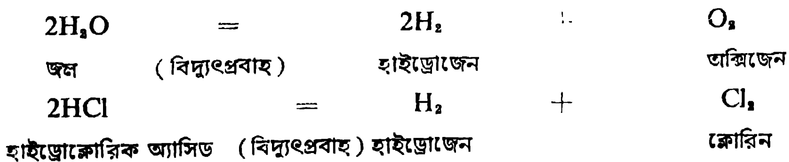
(1) [illegible]ত্যক্ষ **সংযোগ** বা **সংশ্লেষণ পদ্ধতি** (Direct union or combinatio[illegible] or synthesis) **:** একাধিক বিকারক দ্রব্যের অণুগুলির প্রত্যক্ষ সংযোগের ফলে যে স[illegible] রাসায়নিক বিক্রিয়ায় একটি মাত্র নূতন বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের অণু গঠিত হয়, তাহাকে বলা হয় স[illegible]ষণ বা সংযোগ পদ্ধতি, অর্থাৎ এরূপ বিক্রিয়ায় বিভিন্ন বিকারক অণু পারস্পরিক সংযোগে একটি[illegible] নতুন বিক্রিয়ালব্ধ অণু উৎপন্ন করে। হাইড্রোজেনের সঙ্গে অক্সিজেন প্রত্যক্ষভাবে সংযুক্ত করিয়া [illegible]ই মিশ্রণে বিদ্যুৎপ্রবাহ সঞ্চালিত করিলে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং জল উৎপন্ন হয়। যথা :



$2H_2$ + O_2 = $2H_2O$
হাইড্রোজেন অক্সিজেন (বিদ্যুৎপ্রবাহ) জল

$2Mg$ + O_2 = $2MgO$
ম্যাগনেসিয়াম অক্সিজেন (বায়ুতে দহন) ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড

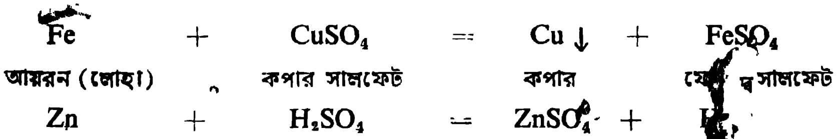
(2) **প্রত্যক্ষ বিয়োজন** বা **বিশ্লেষণ পদ্ধতি** (Direct decomposition or analysis) **:** বিশ্লেষণ পদ্ধতি সংশ্লেষণ পদ্ধতির বিপরীতধর্মী বিক্রিয়া। রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে কোন একটি মাত্র রাসায়নিক দ্রব্যের অণু ভাঙ্গিয়া বা বিয়োজিত হইয়া বা বিশ্লেষিত হইয়া যদি একাধিক সরল অণু গঠিত হয় অর্থাৎ মূল অণুর বিয়োজিত উপাদানে পরিণত হয় তাহা হইলে এরূপ বিক্রিয়াটিকে বিশ্লেষণ বা বিয়োজন পদ্ধতি বলা হয়। জল অথবা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মধ্যে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করিলে জলের যৌগিক অণু ভাঙ্গিয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মৌলিক অণু এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণু ভাঙ্গিয়া হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন অণু গঠিত হয় যথা :



$2H_2O$ = $2H_2$ + O_2
জল (বিদ্যুৎপ্রবাহ) হাইড্রোজেন অক্সিজেন

$2HCl$ = H_2 + Cl_2
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (বিদ্যুৎপ্রবাহ) হাইড্রোজেন ক্লোরিন

(3) **প্রতিস্থাপন পদ্ধতি** (Displacement, replacement or substitution) **:** যে বিক্রিয়ায় কোন একটি মৌলিক পদার্থ কোন যৌগিক পদার্থের একটি মৌলিক অণু বা পরমাণুকে বা মূলককে অপসারিত করিয়া অপসৃত মৌলের বা মূলকের স্থান দখল করে, সেই বিক্রিয়াকে প্রতিস্থাপন পদ্ধতি বলা হয়। তুঁতের দ্রবণ অর্থাৎ কপার সালফেট দ্রবণে লোহার ছুরি ডুবাইলে ছুরির গায়ে তামার স্তর পড়ে অর্থাৎ ছুরির লোহা কপার সালফেটের কপারকে প্রতিস্থাপিত করিয়া ফেরাস সালফেট গঠন করে।

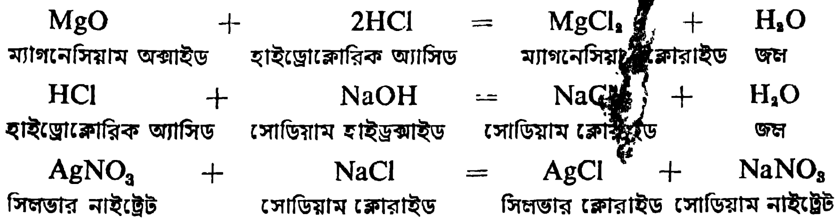


$$Fe + CuSO_4 = Cu\downarrow + FeSO_4$$

আয়রন (লোহা) কপার সালফেট কপার ফেরাস সালফেট

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

(4) **পারস্পরিক বিয়োজন বা বিনিময় পদ্ধতি** (Double decomposition or mutual exchange or metathesis)ঃ যে পদ্ধতিতে বিকারক অণুগুলির উপাদান তথ্য মৌল ও মূলকসমূহ পরস্পরের স্থান বিনিময় করিয়া একাধিক নতুন অণু গঠন করে, সেই বিক্রিয়াকে বিনিময় বিক্রিয়া বা পারস্পরিক বিয়োজন বলা হয়। ইহা মূলত বিশ্লেষণ ও সংশ্লেষণ বিক্রিয়ার (analysis and synthesis) সংযুক্ত পদ্ধতি। সাধারণত অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণের ক্ষেত্রে এরূপ পারস্পরিক বিক্রিয়া ঘটে।



$$MgO + 2HCl = MgCl_2 + H_2O$$

ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড জল

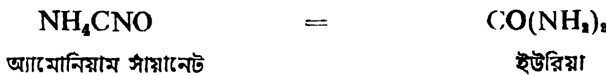
$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড সোডিয়াম ক্লোরাইড জল

$$AgNO_3 + NaCl = AgCl + NaNO_3$$

সিলভার নাইট্রেট সোডিয়াম ক্লোরাইড সিলভার ক্লোরাইড সোডিয়াম নাইট্রেট

(5) **পারমাণবিক পুনর্গঠন** বা **সমাংশধর্মী পদ্ধতি** (Rearrangement of atoms of isomerism)ঃ যে পদ্ধতিতে একটি বিকারক অণুর পরমাণুগুলি নতুন ভাবে পুনর্গঠিত হইয়া নতুন ধর্মের একটি মাত্র অণু অর্থাৎ একটি নতুন দ্রব্য উৎপন্ন করে সেই বিক্রিয়াকে সমাংশধর্মী পদ্ধতি বলা হয়। এরূপ বিক্রিয়ায় বিকারক অণু এবং উৎপন্ন অণু পরমাণুগুলির অনুপাত বিক্রিয়ার আগে ও পরে একই থাকে। জৈব পদার্থের মধ্যে সাধারণত এরূপ বিক্রিয়া ঘটিতে দেখা যায়। অ্যামোনিয়াম সায়ানেট নামক দ্রব্যকে উত্তপ্ত করিলে ইউরিয়া উৎপন্ন হয়। যথাঃ



$$NH_4CNO = CO(NH_2)_2$$

অ্যামোনিয়াম সায়ানেট ইউরিয়া

(6) **প্রতিমুখী** বা **উভমুখী বিক্রিয়া** (Reversible reaction)ঃ যে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ালব্ধ একাধিক অণু পরস্পরে পুনরায় বিক্রিয়া ঘটাইয়া মূল বিকারকরূপে পুনর্গঠিত হয় এবং এরূপ বিক্রিয়ার পদ্ধতিতে বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের মধ্যে প্রতি-সাম্য অবস্থা পুনঃস্থাপন করে,—তাহাকে প্রতিমুখী বা উভমুখী বিক্রিয়া বলা হয়। এরূপ বিক্রিয়ায় বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের প্রতি সাম্যাবস্থা প্রতিমুখী চিহ্ন ($\rightleftharpoons$) দ্বারা নির্দেশ করা হয়। যথাঃ

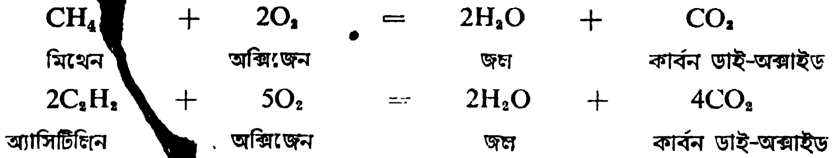


$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$$

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড অ্যামোনিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড

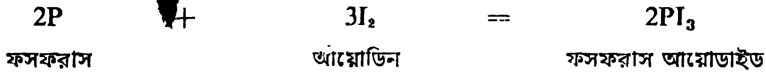
এরূপ বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ালব্ধ যে-কোন একটি পদার্থকে অপসারিত করিয়া বিক্রিয়া সম্পূর্ণ করা সম্ভব।

(7) **দহন** (Combustion) ঃ আলোক ও উত্তাপ সৃষ্টি করিয়া যে সকল রাসায়নি[illegible]ক্রিয়া ঘটে তাহাকে দহন বলা হয়। সাধারণত কয়লা, তেল ইত্যাদি কার্বন যুক্ত জৈব (o[illegible]c) পদার্থ বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে আলোক ও উত্তাপ সৃষ্টি করিয়া যে বিক্রিয়া ঘটায় ত[illegible]হনের উদাহরণ। বিভিন্ন হাইড্রোকার্বন পদার্থের দহনের ফলে জল ও কার্বন ডাই-অক্সাইড [illegible] হয়।



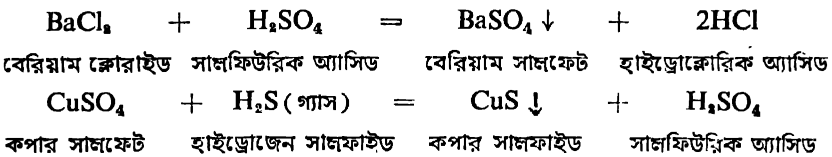
CH_4	+	$2O_2$	=	$2H_2O$	+	CO_2
মিথেন		অক্সিজেন		জল		কার্বন ডাই-অক্সাইড
$2C_2H_2$	+	$5O_2$	=	$2H_2O$	+	$4CO_2$
অ্যাসিটিলিন		অক্সিজেন		জল		কার্বন ডাই-অক্সাইড

অক্সিজেন ছাড়া[illegible]কোন কোন ক্ষেত্রে দহন ঘটে। আর্সেনিক ও ফসফরাস ক্লোরিন গ্যাসের মধ্যে তাপ ও আলো[illegible]ষ্টি করিয়া জ্বলিয়া উঠে, এবং সাদা ফসফরাস আয়োডিনের সংযোগে জ্বলিয়া ওঠে। যথা



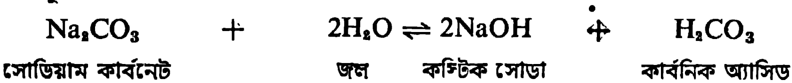
$2P$	+	$3I_2$	=	$2PI_3$
ফসফরাস		আয়োডিন		ফসফরাস আয়োডাইড

(8) **অধঃক্ষেপন** (Precipitation) ঃ দুই বা ততোধিক দ্রবণের মিশ্রণের ফলে পারস্পরিক বিভঞ্জন বা বিনিময় ক্রিয়ায় যদি একটি অদ্রবণীয় কঠিন পদার্থ সৃষ্টি হয় এবং তাহা বিক্রিয়ালব্ধ দ্রবণের তলায় থিতাইয়া পড়ে তাহা হইলে এরূপ বিক্রিয়াকে অধঃক্ষেপণ পদ্ধতি বলা হয়। অধঃক্ষেপণ ক্রিয়া অধঃমুখ কীলকের (↓) সাহায্যে নির্দিষ্ট করা হয়। যথা ঃ



$BaCl_2$	+	H_2SO_4	=	$BaSO_4\downarrow$	+	$2HCl$
বেরিয়াম ক্লোরাইড		সালফিউরিক অ্যাসিড		বেরিয়াম সালফেট		হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড
$CuSO_4$	+	H_2S (গ্যাস)	=	$CuS\downarrow$	+	H_2SO_4
কপার সালফেট		হাইড্রোজেন সালফাইড		কপার সালফাইড		সালফিউরিক অ্যাসিড

(9) **আর্দ্র-বিশ্লেষণ** (Hydrolysis) ঃ জলের সংযোগে কোন পদার্থের আংশিক বা পূর্ণ বিশ্লেষণ ঘটিলে সেরূপ বিক্রিয়াকে আর্দ্র-বিশ্লেষণ বলা হয়। সোডিয়াম কার্বনেট জলের সংযোগে কস্টিক সোডা বা কার্বনিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। আর্দ্র-বিশ্লেষণের বিক্রিয়া সাধারণত প্রতিমুখী। যথা ঃ



Na_2CO_3	+	$2H_2O$	$\rightleftharpoons$	$2NaOH$	+	H_2CO_3
সোডিয়াম কার্বনেট		জল		কস্টিক সোডা		কার্বনিক অ্যাসিড

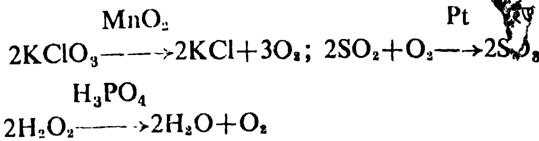
[দ্বিতীয় খণ্ডে আর্দ্র-বিশ্লেষণের বিস্তৃত আলোচনা করা হইয়াছে।]

(10) **অনুঘটন** (Catalysis) ঃ যে বিক্রিয়ায় স্বল্প পরিমাণে কোন পদার্থ যোগ করিয়া বিক্রিয়ার গতি ত্বরান্বিত বা মন্দীভূত করা যায় এবং বিক্রিয়ার পরে এই স্বল্পমাত্রিক পদার্থটি

নিজস্ব রাসায়নিক গঠনে অবিকৃত থাকে তাহাকে অনুঘটন পদ্ধতি বলা হয় এবং ব্যবহৃত পদার্থটিকে বলা হয় **অনুঘটক** (catalyst)।

যে অনুঘটক বিক্রিয়া ত্বরান্বিত করে তাহাকে **ধনাত্মক অনুঘটক** (positive catalyst) এবং যে অনুঘটক বিক্রিয়ার গতি মন্দীভূত করে তাহাকে **ঋণাত্মক অনুঘটক** (negative catalyst) বলা হয়।

ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2) সংযোগে পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$) ভাঙ্গিয়া অক্সিজেন (O_2) উৎপাদন এবং প্লাটিনামের উপস্থিতিতে সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) ও অক্সিজেন (O_2) সংযোগে সালফার ট্রাই অক্সাইড (SO_3) গঠনের বিক্রিয়া ত্বরান্বিত হয় বলিয়া ইহাদের ধনাত্মক অনুঘটক বলা হয়। হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2) ভাঙ্গিয়া জল (H_2O) ও অক্সিজেন (O_2) গঠনের বিক্রিয়া মন্দীভূত করার উদ্দেশ্যে ফসফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) ব্যবহার করা হয় বলিয়া ইহাকে ঋণাত্মক অনুঘটক বলা হয়।



$$2KClO_3 \xrightarrow{MnO_2} 2KCl + 3O_2; \quad 2SO_2 + O_2 \xrightarrow{Pt} 2SO_3$$

$$2H_2O_2 \xrightarrow{H_3PO_4} 2H_2O + O_2$$

সংযুতায়ন (polymerisation,), প্রশমন (neutralisation), জারণ (oxidation), বিজারণ (reduction), ইত্যাদি আরও বিভিন্ন প্রকারের বিক্রিয়া যথাস্থানে, পরবর্তী অধ্যায়গুলিতে উল্লেখ করা হইয়াছে।

প্রশ্ন

1. প্রতীক চিহ্ন এবং সংকেত দ্বারা কি বোঝ? তিনটি করিয়া উদাহরণ দাও।
2. মৌলিক অণুর ও যৌগিক অণুর সংকেতের কয়েকটি উদাহরণ দাও।
3. যোজ্যতার সংজ্ঞা ব্যাখ্যা কর। উদাহরণ দাও।
4. কার্বণের যোজ্যতা চার—ইহা দ্বারা কি বোঝ? 'আস' ও 'ইক' যৌগ বলিতে কি বুঝায়?
5. মৌলের যোজ্যতার সংখ্যা কি প্রকারে নির্ণয় করা যায়? পরিবর্তনশীল যোজ্যতা কি? চারিটি পরিবর্তনশীল যোজ্যতার যৌগের নাম কর।
6. নিম্নলিখিত যৌগ সমূহের মৌলিক পদার্থের ও যৌগমূলকের যোজ্যতা কি হইবে?

   $AgCl$, H_2O, $CuCl_2$, $AlCl_3$, NH_4OH, $(NH_4)_2SO_4$, P_2O_5,

   NO, SO_3, NO_2, H_2SO_4, KNO_3, $ZnSO_4$, $(NH_4)_2CO_3$ এবং $Fe(OH)_2$
7. হাইড্রক্সাইড, সালফাইড, কার্বনেট, নাইট্রেট, সালফেট ও ফসফেট যৌগমূলক সহ সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম ও অ্যামোনিয়ামের দুইটি করিয়া যৌগের সংকেত লিখ।
8. রাসায়নিক বিক্রিয়া দ্বারা কি বোঝ? সমীকরণের সাহায্যে এরূপ বিক্রিয়ার কি প্রকারে ব্যাখ্যা করিবে? তিনটি উদাহরণ দাও।

9. রাসায়নিক সমীকরণ দ্বারা বিক্রিয়ার কিরূপ পরিচয় দেওয়া হয়?

[illegible] $+3H_2=2NH_3$ এই সমীকরণের সম্পর্কে উত্তরটি ব্যাখ্যা কর।

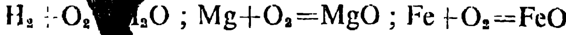
[illegible]মীকরণ দ্বারা রাসায়নিক বিক্রিয়ার কি কি পরিচয় পাওয়া যায় না?

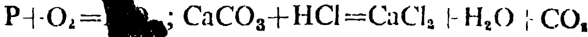
10. [illegible]য়নিক সমীকরণ কাহাকে বলে? $2H_2+O_2=2H_2O$—এই সমীকরণের সাহায্যে [illegible] বিষয়ের পরিচয় পাওয়া যায় তাহা বিবৃত কর।

1[illegible] [illegible]লিখিত পদ্ধতিগুলির উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর :—

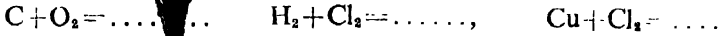
সং[illegible]েষণ, বিশ্লেষণ, পারস্পরিক বিয়োজন, প্রতিস্থাপন, আর্দ্র-বিশ্লেষণ এবং অধঃক্ষেপন।

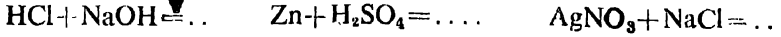
12. ঠিক অ[illegible] সংখ্যা ব্যক্ত করিয়া সমীকরণগুলির সমতা স্থাপন কর :

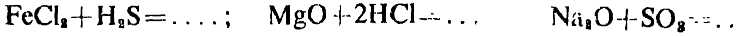

H_2+O_2 [illegible] $_2O$; $Mg+O_2=MgO$; $Fe+O_2=FeO$


$P+O_2=$ [illegible] ; $CaCO_3+HCl=CaCl_2+H_2O+CO_2$

13. নিম্নলিখিত[illegible]য়াগুলির বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ কি :


$C+O_2=$.... [illegible].. $H_2+Cl_2=$......, $Cu+Cl_2=$ ....


$HCl+NaOH=$.. $Zn+H_2SO_4=$.... $AgNO_3+NaCl=$..


$FeCl_2+H_2S=$....; $MgO+2HCl=$... $Na_2O+SO_3=$..

3

প্রতীক, সংকেত ও বিক্রি[illegible] সংক্রান্ত রাসা[illegible]ক গণনা

(Chemical Calculations based [illegible] Symbol, Formula a[illegible] [illegible]tion)

3·1. বস্তুর শতাংশিক গঠন (Percentage composition of su[illegible]stance) ঃ

বিভিন্ন উপাদানে গঠিত কোন বস্তুর উপাদানগুলির শতাংশিক বা শতক[illegible] হিসাব অর্থাৎ পরিমাণ স্থির করা যায়। ওজন অথবা আয়তন, কোন্ হিসাবে উপাদা[illegible]র শতকরা হিসাব লেখা হইবে তাহা বস্তুর কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় অবস্থার উপরে নির্ভ[illegible]।

(i) **কঠিন** (Solid) **বস্তুর শতকরা পরিমাণ ওজন** [illegible]**গুরুত্ব** (by weight) হিসাবে লেখা হয়। যদি বলা হয় লোহার খনিজ পদার্থে 25% [illegible] শতকরা 25 ভাগ লোহা আছে তবে বুঝিতে হইবে যে 100 গ্রাম লোহার খনিজ পদার্থের [illegible] 25 গ্রাম ওজনের লোহা পাওয়া যাইবে।

(ii) **গ্যাসীয়** (Gaseous) **পদার্থের ক্ষেত্রে শতকরা পরিমাণ সাধারণত আয়তন** (volume) হিসাবে লেখা হয়। বায়ুতে 21% অক্সিজেন থাকে। ইহার অর্থ কোন বিশেষ চাপ ও তাপমাত্রায় 100 ml. বায়ুর মধ্যে অক্সিজেন থাকে 21 ml.

(iii) **তরল পদার্থ** (liquid) **ও তরল দ্রবণের** (solution) **ক্ষেত্রে শতকরা পরিমাণ ওজন বা আয়তন** হিসাবে স্থির করা হয়। 100 গ্রাম **দ্রবণে** কত গ্রাম পদার্থ থাকে তাহা দ্বারা পদার্থের শতকরা হিসাব স্থির করা হয়। 10% সালফিউরিক অ্যাসিডের অর্থ—(i) 100 গ্রাম অ্যাসিড দ্রবণে আছে 10 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড, অথবা (ii) 100 ml. অ্যাসিড দ্রবণে আছে 10 ml. সালফিউরিক অ্যাসিড। 20% লবণের দ্রবণের অর্থ 100 গ্রাম জলীয় দ্রবণে আছে 20 গ্রাম লবণ।

উদাহরণ

1. 100 ml. সালফিউরিক অ্যাসিডের ওজন বাহির কর। সালফিউরিক অ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·8.

1 ml. সালফিউরিক অ্যাসিডের ওজন $= 1 \cdot 8$ গ্রাম

∴ 100 ,, ,, ,, ,, $= 1 \cdot 8 \times 100$ গ্রাম

$= 180$ গ্রাম

2. নাইট্রিক অ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·4; শতকরা 70 ভাগ নাইট্রিক অ্যাসিডের 1000 ml.-তে (এক লিটার) কত পরিমাণ বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যাইবে?

1 ml. নাইট্রিক অ্যাসিডের ওজন $= 1 \cdot 4$ গ্রাম

∴ 1000 ,, ,, $= 1 \cdot 4 \times 1000$ গ্রাম

$= 1400$ গ্রাম

100 গ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিডে বিশুদ্ধ অ্যাসিড আছে $=70$ গ্রাম

140[illegible] „ „ „ „ $=\frac{70}{100}\times 1400$

$=980$ গ্রাম।

অ[illegible]00 ml. বা এক লিটার 70% নাইট্রিক অ্যাসিডে বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড পাও[illegible] 980 গ্রাম।

[illegible]ংকেতের সাহায্যে আণবিক ওজন নির্ণয় (Determination of molecula[illegible] weight from formula) ঃ

(a) আ[illegible]বিক ওজন (Molecular weight) ঃ কোন মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের অণুর মধ্যে প্রাপ্ত[illegible] সম্মিলিত ওজন হইবে সেই পদার্থের আণবিক ওজন।

(i) জলের [illegible]বিক সংকেত $=H_2O$

হাইড্রোজে[illegible] পারমাণবিক ওজন $=1$, অক্সিজেনের পাঃ ওজন $=16$

সুতরাং জ[illegible]আণবিক ওজন $=H+H+O=1+1+16=18$

অর্থাৎ, অনুপাত [illegible]াবে জলের অণুতে আছে—$\frac{\text{হাইড্রোজেন}}{\text{অক্সিজেন}}=\frac{2}{16}=\frac{1}{8}$

অর্থাৎ 9 ভাগ জলে পাওয়া যায় 1 ভাগ হাইড্রোজেন ও 8 ভাগ অক্সিজেন। ওজন হিসাবে বলা যায় 18 গ্রাম জলের মধ্যে আছে 2 গ্রাম হাইড্রোজেন ও 16 গ্রাম অক্সিজেন।

(ii) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের আণবিক সংকেত $=HCl$

পারমাণবিক ওজন ঃ $H=1$, $Cl=35{\cdot}5$

সুতরাং HCl-এর আণবিক ওজন $=1+35{\cdot}5=36{\cdot}5$.

(iii) কস্টিক সোডার আণবিক সংকেত $=NaOH$

পারমাণবিক ওজন ঃ সোডিয়াম $=23$, অক্সিজেন $=16$, হাইড্রোজেন $=1$

সুতরাং, NaOH-এর আণবিক ওজন $=23+16+1=40$ঃ

উদাহরণ

1. 10 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম পোড়াইয়া কত গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড পাওয়া যাইবে? পারমাণবিক ওজন : অক্সিজেনের $=16$, ম্যাগনেসিয়ামের $=24$.

ম্যাগনেসিয়াম-অক্সাইডের সংকেত $=MgO$

ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের আণবিক ওজন $=24+16=40$

অর্থাৎ 24 ম্যাগনেসিয়াম পোড়াইয়া MgO পাওয়া যায় 40 গ্রাম

10 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম পোড়াইয়া MgO পাওয়া যায় $\frac{40}{24}\times 10=16{\cdot}6$ গ্রাম।

2. 10 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড তৈরী করার জন্য কত গ্রাম অক্সিজেন প্রয়োজন?

ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের সংকেত $=MgO$ এবং আণবিক ওজন $=24+16=40$

অর্থাৎ 40 গ্রাম MgO তৈরী করার জন্য দরকার 16 গ্রাম অক্সিজেন

∴ ৩০ গ্রাম MgO তৈরী করার জন্য দরকার $= \frac{16}{40} \times 50 = 20$ গ্রাম অক্সিজেন

3. 10 গ্রাম হাইড্রোজেনের সঙ্গে 100 গ্রাম অক্সিজেন সংযুক্ত হইলে কত গ্রাম জল তৈরী হইবে?

জলের আণবিক সংকেত $= H_2O$; জলের আণবিক ওজন $= 2 + 16 = 18$

অর্থাৎ 10 গ্রাম হাইড্রোজেন যুক্ত হইতে পারে $\frac{16}{2} \times 10 = 80$ গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে।

কিন্তু অক্সিজেন আছে 100 গ্রাম; তাই, $(100 - 80) = 20$ গ্রাম অক্সিজেন ... থাকিবে এবং জল তৈরী হইবে $= 10$ গ্রাম হাইড্রোজেন $+ 80$ গ্রাম অক্সিজেন $= 90$ গ্রাম।

3·3. সংকেত হইতে উপাদানের শতাংশিক পরিমাণ নির্ণয়
(Percentage Composition from the formula)

1. জলের অণুতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের শতকরা হিসাব নির্ণয় কর।

18 ভাগ জলে আছে 2 ভাগ হাইড্রোজেন

∴ 100 ,, ,, $\frac{2}{18} \times 100 = 11{\cdot}1$ ভাগ হাইড্রোজেন

সুতরাং অক্সিজেন আছে $(100 - 11{\cdot}1) = 88{\cdot}9$ ভাগ

অর্থাৎ জলের মধ্যে $H = 11{\cdot}1\%$ এবং $O = 88{\cdot}9\%$

2. কাপড়-কাচা সোডার (Na_2CO_3) শতকরা সংযুতি নির্ণয় কর।

Na_2CO_3-র আণবিক ওজন $= 23 \times 2 + 12 \times 1 + 16 \times 3 = 106$

অর্থাৎ, 106 গ্রাম Na_2CO_3-এ $(23 \times 2) = 46$ গ্রাম সোডিয়াম, 12 গ্রাম কার্বন ও $(16 \times 3) = 48$ গ্রাম অক্সিজেন আছে। সুতরাং, যৌগে

Na-এর শতকরা ভাগ $= \frac{46}{106} \times 100 = 43{\cdot}40$

C-এর ,, ,, $\frac{12}{106} \times 100 = 11{\cdot}32$

O-এর ,, ,, $\frac{48}{106} \times 100 = 45{\cdot}28$

$100{\cdot}00$

3. H_2SO_4-এর মৌলগুলির শতকরা সংযুতি নির্ণয় কর।

H_2SO_4-এর আণবিক ওজন $= 1 \times 2 + 32 \times 1 + 16 \times 4 = 98$

অর্থাৎ, 98 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডে 2 গ্রাম হাইড্রোজেন, 32 গ্রাম সালফার ও 64 গ্রাম অক্সিজেন আছে। সুতরাং, সালফিউরিক অ্যাসিডে

হাইড্রোজেনের শতকরা ভাগ $= \frac{2}{98} \times 100 = 2{\cdot}04$

সালফারের ,, ,, $= \frac{32}{98} \times 100 = 32{\cdot}65$

অক্সিজেনের ,, ,, $= \frac{64}{98} \times 100 = 65{\cdot}31$

$100{\cdot}00$

4. সোদক কপার সালফেটের কেলাস-জলের শতকরা হিসাব নির্ণয় কর।

(সো কপার সালফেটের সংকেত = $CuSO_4, 5H_2O$)

অণুর স $CuSO_4, 5H_2O$, সুতরাং

পার সালফেট অণুতে কপারের ওজন $= 63\cdot5$

,, ,, সালফারের ,, $= 32$

,, ,, অক্সিজেনের ,, $= 16 \times 4 = 64$

,, ,, ,, জলের ,, $= 18 \times 5 = 90$

সোদক কপার সালফেটের আণবিক ওজন $(63\cdot5 + 32 + 64 + 90) = 249\cdot5$

অর্থাৎ 249·5 ভাগ কপার সালফেট কেলাসে আছে 90 ভাগ জল,

সুতরাং 100 ,, ,, ,, $\frac{90}{249\cdot5} \times 100 = 36\cdot07\%$

5. সোডিয়াম ড্রোজেন ফসফেটে ($Na_2HPO_4, 12H_2O$) অনার্দ্র ফসফরিক অ্যাসিডের শতাংশ নি কর [Na = 23, H = 1, P = 30, O = 16]



$2(Na_2HPO_4, 12H_2O) = P_2O_5 + 2Na_2O + 25H_2O$

P_2O_5কে অনার্দ্র ফসফরিক অ্যাসিড বলা হয় এবং ডাই সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেটের দুইটি অণু হইতে পাওয়া যায় একটি P_2O_5

$2(Na_2HPO_4, 12H_2O)$এর আণবিক ওজন

$= 2(23 \times 2 + 1 \times 1 + 31 \times 1 + 16 \times 4 + 18 \times 12) = 2 \times 358 = 716$

$P_2O_5 = 31 \times 2 + 16 \times 5 = 62 + 80 = 142$ অর্থাৎ 716 ভাগ সোদক ডাইসোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেটে অনার্দ্র ফসফরিক অ্যাসিড অর্থাৎ P_2O_5-এর পরিমাণ 142

$\therefore$ P_2O_5-এর শতাংশ $= \frac{142 \times 100}{716} = 19\cdot88$

6. (a) $CaCO_3$-এ CaO-এর শতকরা ভাগ নির্ণয় কর।

(b) 97% $CaCO_3$ আছে, এরূপ 1 টন (2240 lbs) চুনাপাথর হইতে কত পাউণ্ড CaO পাওয়া যাইবে? [Ca = 40]

(*a*) $CaCO_3$-এর আণবিক ওজন $= 40 \times 1 + 12 \times 1 + 16 \times 3$

$= 40 + 12 + 48 = 100$

CaO-এর আণবিক ওজন $= 40 \times 1 + 16 \times 1 = 40 + 16 = 56$

এক আণবিক ওজন $CaCO_3$ (CaO, CO_2)-এ এক আণবিক ওজন CaO আছে।

সুতরাং, $CaCO_3$-এ CaO-এর শতকরা ভাগ $= \frac{56}{100} \times 100 = 56$

(*b*) 100 টন $CaCO_3$-এ 56 টন CaO আছে।

$\therefore$ 1 ,, 0·56 টন CaO আছে।

কিন্তু চুনাপাথরে $CaCO_3$-এর ভাগ শতকরা 97.

অর্থাৎ, 100 টন চুনাপাথরে 97 টন $CaCO_3$ আছে,

∴ 1 ,, 0·97 টন $CaCO_3$ আছে।

আবার, 1 টন $CaCO_3$-এ CaO-এর পরিমাণ 0·56 টন

∴ 0·97 টন ,, ,, ,, 0·56×0·97 টন

$=0{\cdot}5432$ টন $=0{\cdot}5432\times2240$ পাউণ্ড $=1216{\cdot}768$ পাউণ্ড

সুতরাং এক টন প্রদত্ত চুনাপাথর হইতে 1216·768 পাউণ্ড CaO পাওয়া যায়।

7. (a) ওয়াশিং সোডায় Na_2O-এর এবং কেলাস জলের শতাংশ নির্ণয় কর।

(b) 120 পাউণ্ড ওয়াশিং সোডা উত্তপ্ত করিলে কত ওজন হ্রাস হইবে, তাহা নির্ণয় কর।

(a) ওয়াশিং সোডার আণবিক সংকেত—$Na_2CO_3, 10H_2O$



$$Na_2CO_3, 10H_2O \rightarrow Na_2O + CO_2 + 10H_2O$$

অর্থাৎ এই এক অণু সোডায় এক অণু Na_2O এবং 10 অণু H_2O আছে

ওয়াশিং সোডার আণবিক ওজন $=2\times23+1\times12+3\times16+10\times18=286$

$Na_2O=2\times23+16=62$; $10H_2O=10(2+16)=180$

সুতরাং 286 ভাগ সোডায় আছে 62 ভাগ Na_2O এবং 180 ভাগ H_2O

অর্থাৎ Na_2O-এর শতাংশ $=\dfrac{62\times100}{286}=21{\cdot}7$

কেলাস H_2O-এর শতাংশ $=\dfrac{180\times100}{286}=62{\cdot}9$

(b) 100 পাউণ্ড ওয়াশিং সোডায় আছে 62·9 পাউণ্ড জল।

∴ 120 ,, ,, ,, ,, $\dfrac{62{\cdot}9\times120}{100}=75{\cdot}48$ পাউণ্ড জল।

8. কোন হিমাটাইটের (অবিশুদ্ধ Fe_2O_3) নমুনায় শতকরা 50 ভাগ আয়রণ আছে। বিশুদ্ধ হিমাটাইটের শতাংশ নির্ণয় কর।

Fe_2O_3-এর আণবিক ওজন $=2\times56+3\times16=160$

অর্থাৎ 160 ভাগ বিশুদ্ধ Fe_2O_3 তে আয়রণ আছে $=2\times56$ ভাগ

সুতরাং বিশুদ্ধ Fe_2O_3 তে আয়রণের শতাংশ $=\dfrac{112\times100}{160}=70\%$

কিন্তু নমুনার হিমাটাইটের আয়রণ আছে 50%

সুতরাং নমুনার হিমাটাইটে বিশুদ্ধ হিমাটাইট (Fe_2O_3) আছে

$=\frac{50}{70}\times100=71{\cdot}42$ শতাংশ।

9. ফিটকিরিতে $[K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O]$, (a) Al_2O_3 ও (b) K_2Oর শতকরা ভাগ কত ? (K=39, Al=27, S=32)

K. ˉO_4 ও $Al_2(SO_4)_3$কে ভাঙ্গিয়া যথাক্রমে K_2O, SO_3 এবং Al_2O_3 ও $3SO_3$ ভাবে লে ই:ত পারে। এই হিসাবে পটাস অ্যালামের এক আণবিক ওজনে এক অণু K_2O ও ,এ .l_2O_3 আছে।

পটাস অ্যালামের আণবিক ওজন

$\times 2+32+16\times 4)+27\times 2+(32+64)\times 3\}+(2+16)\times 24=948$

.) .l_2O_3 এর আণবিক ওজন $=(27\times 2+16\times 3)=(54+48)=102$

(iii) ˊ$_2O$,, ,, ,, $=(39\times 2+16)=78+16=94$

সুতরাং, প. স অ্যাল

(*a*) Al_2O_3র শতকরা ভাগ $=\frac{102\times 100}{948}=10{\cdot}76\%$

(*b*) K_2O ,, ,, $=\frac{94\times 100}{948}=9{\cdot}91\%$

10. একটি রক ফসফেটের নমুনায় 60% ক্যালসিয়াম ফসফেট আছে ও অন্য কোন ফসফরাস-ঘটিত যৌগ নাই। ঐ নমুনায় ফসফরাসের শতকরা ভাগ কত এবং উহার একটন হইতে কত ফসফরিক অ্যাসিড পাওয়া যাইবে?

(*a*) 100 ভাগ রক ফসফেট আছে 60 ভাগ ক্যালসিয়াম ফসফেট।

ক্যালসিয়াম ফসফেটের $[Ca_3(PO_4)_2]$ আণবিক ওজন

$=40\times 3+31\times 2+16\times 8=310$

এখন, এক আণবিক ওজন ক্যালসিয়াম ফসফেটে 2 পরমাণু ফসফরাস (ওজন $=31\times 2=62$) আছে।

অর্থাৎ, 310 ভাগ $Ca_3(PO_4)_2$এ আছে 62 ভাগ ফসফরাস

∴ 60 ,, ,, ,, $\frac{62}{310}\times 60=12$ ভাগ ফসফরাস

অতএব, 100 ভাগ রক ফসফেট আছে 12 ভাগ ফসফরাস

অর্থাৎ, রক ফসফেটে ফসফরাসের শতকরা ভাগ $=12$

(*b*) রক ফসফেটে ফসফরাসের শতকরা ভাগ 12

∴ 100 টন রক ফসফেট হইতে 12 টন ফসফরাস পাওয়া যাইতে পারে।

∴ 1 ,, ,, ,, $\frac{12}{100}=0{\cdot}12$ টন ফসফরাস ,, ,, ।

এখন, 1 পরমাণু P হইতে 1 অণু H_3PO_4 পাওয়া যায়ঃ P — H_3PO_4,

31   3+31+64=98

অর্থাৎ, 31 ভাগ ফসফরাস হইতে 98 ভাগ H_3PO_4 পাওয়া যায়

বা, 31 টন ,, ,, 98 টন ,, ,, ,,

∴ 0·12 টন ফসফরাস হইতে $\frac{98 \times 0.12}{31} = 0.379$ টন H_3PO_4 পাওয়া যায়।

11. একটি কেলাসিত যৌগের 0·1 গ্রামকে উত্তপ্ত করায় 0·0512 গ্রা হইয়া গেল ও যৌগটি অনার্দ্র হইল। যদি কেলাসিত যৌগটির আণবিক ওজন 24 যৌগটি এক অণুতে কয়টি অণু কেলাস-জল আছে?

0·1 গ্রাম কেলাসে জল আছে 0·0512 গ্রাম

∴ 246 গ্রাম ,, ,, ,, $\frac{0.0512 \times 246}{0.1} = 0.512 \times 246$ গ্রাম

আমরা জানি, 1 গ্রাম-অণু জলের ওজন 18 গ্রাম

∴ 0.512×246 গ্রাম জলে $\frac{0.512 \times 246}{18} = 7$ গ্রাম-অণু বর্তমান।

অতএব, কেলাসিত যৌগটির প্রতি অণুতে 7 অণু জল আছে।

12. ব্লু ভিট্রিয়লের সংকেত $CuSO_4\ nH_2O$. এক গ্রাম ব্লু ভিট্রিয়ল উত্তপ্ত করিলে 0·64 গ্রাম অনার্দ্র লবণ অবশিষ্ট থাকে। n-এর মান নির্ণয় কর। [Cu = 63·5, S = 32]

1 গ্রাম সোদক কপারের সালফেট হইতে উহার কেলাস-জল সম্পূর্ণ বাষ্পায়িত করিয়া দিলে 0·64 গ্রাম নিরুদক কপার সালফেট পাওয়া যায়।

অর্থাৎ, ঐ 1 গ্রাম স্ফটিকে জলের পরিমাণ = 1—0·64 = 0·36 গ্রাম

সুতরাং, কপার সালফেট স্ফটিকের শতকরা সংযুতি

কপার সালফেট = 64% ও জল = 36%

কপার সালফেটের ($CuSO_4$) আণবিক ওজন = 63·5 + 32 + 64 = 159·5 এবং জলের আণবিক ওজন = 18. শতকরা পরিমাণগুলিকে এই আণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করিলে পাই

$$CuSO_4 = \frac{64}{157.5} = 0.40 \text{ ও } H_2O = \frac{36}{18} = 2.00.$$

এই সংখ্যাদ্বয়কে উহাদের ক্ষুদ্রতরটি (0·40) দ্বারা ভাগ করিলে পাওয়া যায়

$$CuSO_4 = \frac{0.40}{0.40} = 1 \text{ ; } \quad H_2O = \frac{2}{0.40} = 5.$$

সুতরাং, কপার সালফেট স্ফটিকের আণবিক সংকেত $CuSO_4, 5H_2O$.

অর্থাৎ n এর মান = 5.

13. একটি লবণের রাসায়নিক সংযুতি নিম্নরূপ : Na = 27·38% H = 1·19% C = 14·29%, O = 57·4%. যৌগটির সরলতম সংকেত কি? ঐ লবণের 2·1 গ্রাম লইয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হইল। অবশেষে কতখানি পড়িয়া থাকিবে? [Na = 23]

লবণটির শতকরা সংযুতি—

Na = 27·38%; H = 1·19%; C = 14·29% O = 57·40%

[শতকরা ভাগগুলিকে যোগ করিলে প্রায় 100 হয়; অর্থাৎ লবণটিতে অন্য কোন মৌল নাই।]

শতকরা সংখ্যাগুলিকে মৌলগুলির নিজ নিজ পারমাণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করিলে লবণটির পরমাণুগুলির অনুপাত পাওয়া যাইবে।

$$Na = \frac{27.38}{23} = 1.19 \qquad H = \frac{1.19}{1} = 1.19$$

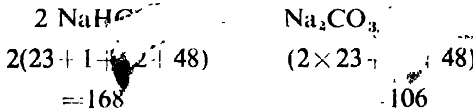
$$C = \frac{14.29}{12} = 1.19 \qquad O = \frac{57.40}{16} = 3.58$$

এই অনুপাতের সংখ্যাগুলির মধ্যে ক্ষুদ্রতমটি দ্বারা ভাগ করিলে পূর্ণসংখ্যার অনুপাত পাওয়া যাইবে।

$$Na = \frac{1.19}{1.19} = 1; \quad H = \frac{1.19}{1.19} = 1; \quad C = \frac{1.19}{1.19} = 1 \text{ ও } O = \frac{3.58}{1.19} = 3$$

সুতরাং লবণটির সরলতম সংকেত $NaHCO_3$ (সোডিয়াম বাই-কার্বনেট)।

সোডিয়াম বাই-কার্বনেটকে উত্তপ্ত করিলে উহা ভাঙ্গিয়া Na_2CO_3, CO_2 ও H_2O উৎপন্ন হয়—



$$\begin{array}{ccc} 2\,NaHCO_3 & = & Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O \\ 2(23+1+12+48) & & (2\times 23+12+48) \\ =168 & & =106 \end{array}$$

CO_2 ও H_2O উত্তাপের প্রভাবে গ্যাসীয় অবস্থায় বাহির হইয়া যায়। শুধু Na_2CO_3 অবশেষ থাকে। উপরোক্ত সমীকরণ হইতে জানা যায় যে,

168 গ্রাম $NaHCO_3$ হইতে 106 গ্রাম অবশেষ পাওয়া যায়

$$\therefore \quad 2.1 \quad ,, \quad ,, \quad ,, \quad \frac{106 \times 2.1}{168} = 1.325 \text{ ,, অবশেষ পাওয়া যাইবে।}$$

14. একটি ঘরের বাতাসে কতখানি CO_2 আছে তাহা দেখিবার জন্য 16°C উষ্ণতা ও 770 মি.মি. চাপে 100 লিটার ঐ বাতাসকে কস্টিক পটাশ দ্রবণের ভিতর দিয়া চালান হইল। পটাশ দ্রবণের ওজন বাড়িল 1 গ্রাম। ঘরের বাতাসে শতকরা কত গ্রাম কার্বন-ডাই-অক্সাইড ছিল? [বাতাসের ঘনত্ব (H = 1) = 14.4]

ধরা যাক, 16°C ও 770 মি.মি. চাপে 100 লিটার বায়ুর আয়তন 0°C ও 760 মি.মি. চাপে V লিটার হইবে।

$$\therefore \quad V = \frac{100 \times 273 \times 770}{289 \times 760} = 95.73 \text{ লিটার।}$$ (**গ্যাস-সূত্র** অধ্যায় দেখ।)

আমরা জানি যে, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে, 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন = 0.09 গ্রাম

$\therefore$ 95.73 লিটার বায়ুর ওজন (প্রমাণ অবস্থায়) = $95.73 \times 0.09 \times 14.4 = 124.1$ গ্রাম

এক্ষণে, 124·1 গ্রাম বায়ুতে 1 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড আছে

$\therefore$ 100 গ্রাম ,, ,, $\frac{1\times100}{124\cdot1}=0\cdot806$ গ্রাম CO_2 আছে।

অর্থাৎ, বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজনগত পরিমাণ 0·806%.

3·4. শতাংশিক গঠন হইতে স্থূল ও আণবিক সংকেত নির্ণয় (... and Molecular formula from percentage composition) ঃ

কোন যৌগিক পদার্থের উপাদানসমূহের ... শতকরা হিসাব হইতে যৌগিক পদার্থের যে আনুপাতিক সংকেত নির্ণয় করা ... তাহাকে বলা হয় স্থূল সংকেত (Empirical Formula)।

স্থূল সংকেত (Empirical formula) ও আণবিক সংকেত (...cular formula) সব সময় এক হয় না। স্থূল সংকেতে পরমাণু সমূহের অনুপাত সংখ্যা ... যায় কিন্তু আণবিক সংকেতে জানা যায় পরমাণুর সঠিক সংখ্যা। যদি বলা হয় কোন যৌগিক পদার্থের স্থূল ... বুঝিতে হইবে যে, A_2B_3 সংকেতের যৌগের একটি অণুতে A ও B এই মৌলিক ... দুইটির ... 2 ঃ 3—এই অনুপাত ... অর্থাৎ A ঃ B=2 ঃ 3, কিন্তু যদি ... যে, যৌগিক পদার্থটির আণবিক সংকেত A_2B_3 তবে বুঝিতে হইবে যে, যৌগটির ... টি অণুতে দুইটি A পরমাণু এবং তিনটি B পরমাণু বর্তমান। অর্থাৎ যৌগে A-পরমাণুর সংখ্যা=2, এবং B পরমাণুর সংখ্যা=3; সুতরাং **স্থূল সংকেতে জানা যায় যৌগিক পদার্থের বিভিন্ন পরমাণুর অনুপাত সংখ্যা, কিন্তু আণবিক সংকেতে জানা যায় বিভিন্ন পরমাণুর সঠিক সংখ্যা।** কোন যৌগিক পদার্থের আণবিক ওজন না জানিয়া আণবিক সংকেত বাহির করা সম্ভব নয়। কিন্তু আণবিক ওজন না জানিয়াও স্থূল সংকেত নির্ণয় করা সম্ভব।

3·5. স্থূল সংকেত নির্ণয়ের নিয়ম (Determination of Empirical formula) ঃ

(i) প্রথমে বিভিন্ন মৌলের বা মৌলিক পদার্থের শতকরা হিসাব নির্ণয় করা হয় এবং বিভিন্ন মৌল বা মৌলিক পদার্থের শতকরা হিসাবের সংখ্যাকে সেই মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করা হয়। এইভাবে বিভিন্ন পরমাণুর অনুপাত সংখ্যাগুলি নির্ণয় করা সম্ভব।

(ii) এই অনুপাত সংখ্যাগুলিকে ভগ্নাংশ হইতে পূর্ণসংখ্যায় পরিবর্তিত করিবার জন্য অনুপাত-সংখ্যাগুলির মধ্যে সবচেয়ে কম সংখ্যাটি দ্বারা সব কয়টি অনুপাত সংখ্যাকে ভাগ করা হয়।

উদাহরণ ঃ

1. **জলের স্থূল সংকেত** নির্ণয় করা হয় এইভাবে ঃ

জলের শতাংশিক গঠন ঃ H=11·1%, O=88·9%

(i) ...থমে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন দ্বারা হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ...্যা ভাগ কর...্র, যথা ঃ

$$\ldots = \frac{11 \cdot 1}{1} = 11 \cdot 1, \quad O = \frac{88 \cdot 9}{16} = 5 \cdot 55$$

...ল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পরমাণুর সংখ্যা $= 11 \cdot 1 : 5 \cdot 55$

...55 সবচেয়ে কম সংখ্যা। সুতরাং ... সংখ্যা দ্বারা দুইটি অনুপাত সংখ্যাকে ভাগ কর। যথা ঃ হাইড্রোজে... $11 \cdot 1$ ..., অক্সিজেন $= \frac{5 \cdot 55}{5 \cdot 55} = 1$

অর্থাৎ জলের ... হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত $= 2:1$

সুতরাং জলের ...সংকেত (Emperical formula) $= H_2O_1 = H_2O$

আণবিক সং... জলের আণবিক ওজন (mol, wt.) $= 18$

স্থূল সংকেত অন...ী জলের আণবিক ওজন হইবে $= (H_2O)x$

অথবা, $(H_2O)x = 18$, বা, $(1 \cdot 1 + 16)x = 18 \quad \therefore x = 1$

সুতরাং জলের ক্ষেত্রে স্থূল ও আ...কে সংকেত এ... ...$_2$O

অর্থাৎ, জলের মধ্যে ...েন ও অক্সিজেনের ...নুপাত = ... এবং বাস্তবিকপক্ষে একটি জলের ...ণুতে আছে 2টি হাইড্রোজেন ...ট অক্সিজেন পরমাণ

2. ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের মধ্যে ম্যাগনেসিয়াম ও অক্সিজেনের অনুপাত $= 3$ ... ...হার স্থূল ও আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। $(Mg = 24; O = 16)$

পরমাণুর সংখ্যার অনুপাত ... : $O = \frac{3}{24}$: ... $= \frac{1}{8} : \frac{1}{8} = 1 : 1$

সুতরাং স্থূল সংকেত = M...

$(MgO)x =$ আণবিক ওজন $= 40$, বা $(24 + 16)x = 40$, $x = 1$

সুতরাং আণবিক সংকেতও MgO

3. কার্বন ও হাইড্রোজেনের একটি যৌগে শতকরা হিসাবে কার্বন ও হাইড্রোজেন আছে যথাক্রমে $92 \cdot 308\%$ ও $7 \cdot 692\%$; যৌগটির স্থূল সংকেত বাহির কর। $(C = 12; H = 1)$.

পরমাণুর সংখ্যার অনুপাতে $C = \frac{92 \cdot 308}{12} = 7 \cdot 692$, $H = \frac{7 \cdot 692}{1} = 7 \cdot 692$

সুতরাং $\frac{C}{H} = \frac{7 \cdot 692}{7 \cdot 692} = \frac{1}{1}$, অর্থাৎ যৌগের স্থূল সংকেত CH.

4. একটি যৌগের স্থূল সংকেত CH কিন্তু আণবিক ওজন 78, যৌগটির আণবিক সংকেত বাহির কর।

যৌগটিতে পরমাণু আছে C : H = 1 : 1 অনুপাতে

সুতরাং যৌগটির আণবিক ওজন কার্বন হাইড্রোজেনের যুক্ত পারমাণবিক ওজনের গুণিতক হইবে। অর্থাৎ $(C + H)x = 78$ বা $(12 + 1)x = 78$, বা $x = 6$

সুতরাং যৌগটির আণবিক সংকেত হইল—C_6H_6

5. কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি যৌগে আছে—[illegible] =40%, H [illegible] ইহার আণবিক ওজন 180; যৌগটির আণবিক সংকেত বাহির কর।

100 ভাগ বস্তুর মধ্যে আছে 40 কার্বন, 6·67 ভাগ হাইড্রোজেন এবং অ[illegible]
$=100-(40+6{\cdot}67)=53{\cdot}33\%$

পরমাণুর সংখ্যার অনুপাতে

$$C=\frac{40}{12}=3{\cdot}33,\quad H=\frac{6{\cdot}67}{1}=6{\cdot}67,\quad O [illegible] 3{\cdot}33$$

সবচেয়ে কম সংখ্যা দিয়া ভাগ করার পরে C,H ও O-এর অনু[illegible]ড়ায়

$$\frac{3{\cdot}33}{3.33} : \frac{6{\cdot}67}{3{\cdot}33} : \frac{3{\cdot}33}{3{\cdot}33} \text{ বা } 1 : 2 : 1$$

সু[illegible] বস্তুটির স্থূল সংকেত হইবে CH_2O; এই বস্তুটির আণবি[illegible] ওজন =180. সুতরাং সং[illegible] [illegible]80 বা $(12+2+16)x=180$ [illegible] =6

[illegible] ত হইবে =$(C[illegible]$ বা $C_6H_{12}O_6$

[illegible] র সালফেট [illegible]

[illegible] ত কপার অ[illegible] পাও[illegible] ধ্যে কার্বন মনক্সাইড [illegible] করিলে কপার অক্সাইডের ও[illegible] ঐ [illegible] গ্রাম হ্রাস হয় এবং [illegible]7 গ্রাম CO_2 উৎপন্ন হয়। [illegible] কার্বন মনক্সাইডের সংকেত নির্ণ[illegible]

[illegible] রাং, [illegible]

CO_2-এর আণবি[illegible] জন $=12+2\times16=44$

∴ CO_2-এ অক্সিজেনের [illegible] াণ $=16$ [illegible]

44 গ্রাম CO_2-এ অক্সিজেনের পরিমাণ 32 গ্রাম

∴ 1·137 ,, ,, $\frac{32}{44}\times1{\cdot}137=0{\cdot}827$ গ্রাম

সুতরাং CO_2-এ কার্বনের পরিমাণ $=1{\cdot}137-0{\cdot}827=0{\cdot}310$ গ্রাম

কার্বন মনক্সাইডে কার্বনের পরিমাণ CO_2-এর সম-মাত্রিক অর্থাৎ 0·310 গ্রাম কার্বন মনক্সাইডে অক্সিজেনের পরিমাণ $=0.827-0{\cdot}413=0{\cdot}414$ গ্রাম

সুতরাং কার্বন মনক্সাইডে C : O=0·310 : 0·414

$$\therefore\quad C=\frac{0{\cdot}310}{12}=0{\cdot}0258\ ;\quad O=\frac{0{\cdot}414}{16}=3{\cdot}0258$$

অর্থাৎ C : O=1 : 1 ∴ কার্বন মনক্সাইডের সংকেত=CO

7. দুইটি ধাতুর অক্সাইডে যথাক্রমে 27·6% এবং 30% অক্সিজেন আছে। প্রথম অক্সাইডটির সংকেত M_3O_4 হইলে দ্বিতীয় অক্সাইডটির সংকেত কি হইবে?

প্রথম অক্সাইডে O=27·6% ∴ M=72·4%

যদি M-এর পারমাণবিক ওজন ধরা হয় x,

ইহাদের শতাংশ ওজনকে পারমাণবিক ওজন দিয়া ভাগ করিলে,

$$=\frac{72\cdot4}{x} : \frac{27\cdot6}{16} = \frac{\text{M-এর পরমাণুর সংখ্যা}}{\text{O-এর পরমাণুর সংখ্যা}} = \frac{3}{4}$$

[কারণ, ইহার সংকেত $=M_3O_4$]

$x=56$; অর্থাৎ M-এর পারমাণবিক ওজন $=56$

দ্বিতীয় অক্সাইডে $M=70\%$; $O=30\%$

ইহাদের শতাংশকে পারমাণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করিলে

$M=\frac{70}{56}=1\cdot25$ $O=\frac{30}{16}=1\cdot87$

অথবা $M : O = 1\cdot25 : 1\cdot87 = \frac{1\cdot25}{1\cdot25} : \frac{1\cdot87}{1\cdot25} = 1 : 1\cdot5$

$\therefore$ $M : O = 1 : 1\cdot5 = 2 : 3$; সুতরাং দ্বিতীয় অক্সাইডের সংকেত $=M_2O_3$

8. বিশ্লেষণের ফলে পটাসিয়াম ও নিকেলের যুগ্ম-সালফেটের নিম্নরূপ সংযুতি পাওয়া গেল ঃ যৌগটির সংকেত কি?

$K=17\cdot80\%$; $Ni=13\cdot50$; $SO_4=44\cdot00$; H_2O

(K=39, Ni=59, S=32)

মৌলগুলির ও মূলকগুলির শতকরা ভাগগুলিকে উহাদের স্ব পারমাণবিক বা আণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করিয়া অনুপাত বাহির করা হইল।

$K=\frac{17\cdot80}{39}=0\cdot4564$ $Ni=\frac{13\cdot50}{59}=0\cdot2285$

$SO_4=\frac{44\cdot00}{96}=0\cdot4564$ $H_2O=\frac{24\cdot70}{18}=1\cdot3760$

এখন অনুপাতের প্রতিটি রাশিকে, 0·2285 (নিম্নতর রাশি) দ্বারা ভাগ করা হইলে পাওয়া যায়, $K=2$; $Ni=1$; $SO_4=2$; $H_2O=6$

সুতরাং, যৌগটির সংকেত $[K_2Ni(SO_4)_2\ 6H_2O] = K_2SO_4,\ NiSO_4,\ 6H_2O$.

9. অনার্দ্রকরণের ফলে 12·325 গ্রাম ইপসম লবণ 6·306 গ্রাম জল ত্যাগ করিল। ইপসম লবণের সংকেত নির্ণয় কর। (Mg=24; S=32)

ইপসম্ সল্ট কেলাস-জল যুক্ত ম্যাগনেসিয়াম সালফেট।

প্রদত্ত ইপ্সম সল্টে $MgSO_4$ এর পরিমাণ$=12\cdot325-6\cdot306=6\cdot019$ গ্রাম

" " জলের পরিমাণ$=6\cdot306$

মোট 12·325 গ্রাম ইপসম সল্ট।

$MgSO_4$ এর আণবিক ওজন$=24+32+16\times4=120$

H_2O এর আণবিক ওজন$=2+16=18$

ইপ্‌সম সল্টে $MgSO_4$ এবং জলের ওজনগুলিকে তাহাদের স্ব স্ব আণবিক ও[illegible] দিয়া ভাগ করিলে ইপসম সল্টে ঐ দুইটি উপাদানের অনুপাত পাওয়া যায়—

$MgSO_4 = 6{\cdot}019/120 = 0{\cdot}0501$; $H_2O = 6{\cdot}306/1[illegible] = 0{\cdot}3503$

অনুপাতের রাশি দুইটিকে উহাদের মধ্যে যেটি নিম্নতম অর্থাৎ, 0·0501 দ্বারা [illegible] পাওয়া যায়—

$MgSO_4 = 0{\cdot}0501/{\cdot}0501 = 1$; [illegible]$O = 0{\cdot}3503/0{\cdot}0501 = 7$

সুতরাং, ইপ্‌সম সল্টের আণবিক সংকেত, [illegible]SO_4 $7H_2O$.

10. একটি বর্ণহীন কেলাসিত যৌগের শতকরা [illegible] নরূপ : $S = 24{\cdot}24\%$ $N = 21{\cdot}21\%$ $H = 6{\cdot}06\%$ ও অবশিষ্টাংশ অক্সিজেন। যৌ[illegible] সরলতম সংকেত নির্ণয় কর। উহার সরলতম সংকেত ও আণবিক সংকেত অভিন্ন হইলে [illegible]গটি একটি সালফেট লবণ হইলে, উহার প্রকৃত পরিচয় কী হইতে পারে ?

যৌগটিতে আছে, $S = 24{\cdot}24\%$, $N = 21{\cdot}21\%$, $H = 6{\cdot}0$[illegible]

[illegible] অক্সিজেন আছে $100-(24{\cdot}24+21{\cdot}2[illegible]+6{\cdot}06) = 4[illegible]{\cdot}49\%$

[illegible] শত[illegible] পরিমাণকে উহা[illegible] পারমাণবিক [illegible]জন দ্বারা ভাগ করিলে যৌগ[illegible] মৌ[illegible] সংখ্যার অনুপাত [illegible]।

[illegible] $\frac{[illegible]4{\cdot}24}{32} = {\cdot}7575$; $N = \frac{21{\cdot}21}{14} = [illegible]{\cdot}515$

[illegible] $\frac{[illegible]{\cdot}06}{1} = 6{\cdot}06$; $O = \frac{48{\cdot}49}{16} = 3{\cdot}0306$.

অনুপাতের সংখ্যাগুলির ক্ষুদ্রতম[illegible] সকল[illegible] ভাগ করিলে উল্লিখিত অনুপাতের কোন পরিবর্তন হইবে না।

$S = {\cdot}7575/{\cdot}7575 = 1$ $H = 6{\cdot}06/{\cdot}7575 = 8$

$N = 1{\cdot}515/{\cdot}7575 = 2$ $O = 3{\cdot}0306/{\cdot}7575 = 4$

সুতরাং, যৌগটির সরলতম সংকেত $SN_2H_8O_4$.

এক্ষণে, যেহেতু যৌগটির আণবিক সংকেত ও সরলতম সংকেত অভিন্ন,

অতএব, উহার আণবিক সংকেত $SN_2H_8O_4$ আবার, যেহেতু যৌগটি একটি সালফেট, অতএব ইহার আণবিক সংকেত $N_2H_8SO_4$

অর্থাৎ $(NH_4)_2SO_4$ সুতরাং, এই যৌগটি অ্যামোনিয়াম সালফেট।

11. একটি যৌগে 1·59% হাইড্রোজেন, 76·09% অক্সিজেন ও 22·32% নাইট্রোজেন আছে। 100°C উষ্ণতায় ও 740 mm চাপে গ্যাসীয় অবস্থায় ঐ যৌগটির 467·7 ml.-র ওজন 0·939 গ্রাম। যৌগটির আণবিক ওজন কত ?

প্রদত্ত যৌগটির অন্তর্গত মৌলগুলির শতকরা পরিমাণকে উহাদের স্ব স্ব পারমাণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করিয়া পাওয়া যায় —

$H=1{\cdot}59/1=1{\cdot}59$; $O=76{\cdot}09/16=4{\cdot}75$; $N=22{\cdot}32/14=1{\cdot}59$.

... সংখ্যা (1·59) দ্বারা ভাগ করিলে এই অনুপাতগুলি হয়—

...$9/1{\cdot}59=1$; ...$=4{\cdot}75/1{\cdot}59=3$; $N=1{\cdot}59/1{\cdot}59=1$.

...যৌগটির স্থূল সংকেত HNO_3.

...00°C উষ্ণতায় ও 740 mm. চাপে 467·7 ml. গ্যাসের আয়তন যদি প্রমাণ ... V ml. হয়, তবে,

$$\frac{74...\times 467{\cdot}7}{273+100}=\frac{760\times V}{...} \qquad V=\frac{740\times 467{\cdot}7\times 273}{373\times 760}=333{\cdot}2 \text{ ml.}$$

[গ্যাস-সূত্র— ... দেখ]।

আমরা জানি, প্র... উষ্ণতা ও চাপে যে কোন গ্যাসীয় যৌগের এক গ্রাম-অণুর আয়তন 22400 ml. (22·4 ...)।

333·2 ml. গ্যা... ওজন 0·939 গ্রাম হইলে, উহার এক গ্রাম-অণু

$$=\frac{22400\times 0{\cdot}93...}{333{\cdot}2}=63{\cdot}11$$ গ্রা... অর্থাৎ যৌগটির আণ... ওজ...

উল্লিখিত যৌগটির স্থূল ... আমরা গণনা করিয়া ... ছি।

$\therefore$ $(HNO_3)_n=63$ ... বা $(1+14+48)_n=63$ ... $n=1$

অর্থাৎ, যৌগটির স্থূলসংকেত ও আণবিক সংকেত অ... এবং উহা HNO_3.

12. একটি কেলাসিত ...কে তাপ প্রয়োগে অ... করিলে উহার ওজনের 45·6% হ্রাস ঘটে। অনাদ্র যৌগটির ... সংকেত ...$l=10{\cdot}5$, $K=15{\cdot}1$, $S=24{\cdot}8$ ও $O=49{\cdot}6$. অনাদ্র ও কেলাসিত যৌগটির ... সংকেত নির্ণয় কর।

(Al=27, K=39, S=32)

প্রত্যেকটি মৌলের শতকরা ভাগকে উহার পারমাণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করিলে মৌলগুলির পরমাণুগুলির মধ্যে অনুপাত এইরূপ দাঁড়ায়ঃ

$Al=10{\cdot}5/27=0{\cdot}389$; $S=24{\cdot}8/32=0{\cdot}775$

$K=15{\cdot}1/39=0{\cdot}389$; $O=49{\cdot}6/16=3{\cdot}100$

অনুপাতের প্রত্যেকটি রাশিকে 0·389 দ্বারা ভাগ করিলে, $Al=1$, $K=1$, $S=2$, $O=8$ পাওয়া যায়।

সুতরাং, অনাদ্র লবণের সরলতম সংকেত $=KAlS_2O_8$

এখন কেলাসিত লবণকে অনাদ্র করিলে লবণের ওজন 45·6% হ্রাস পায়।

সুতরাং, 100 গ্রাম সোদক লবণে জলের ভাগ=45·6 অনাদ্র লবণের ভাগ=54·4

$KAlS_2O_8=258$ (আণবিক ওজন)

অনার্দ্র লবণ ও জলের শতকরা ভাগকে উহাদের স্ব স্ব আণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করিলে উহাদের অনুপাত পাওয়া যায়—

অনার্দ্র লবণ $= 54 \cdot 4/258 = 0 \cdot 2109$; জল $(H_2O) =$ ...৮/18 $= 2 \cdot 53$

অনুপাতের রাশি দুইটিকে (0·2109 এবং 2·5330) 0·2109 দিয়া ভাগ;

অনার্দ্র লবণ = 1; $H_2O = 12$

সুতরাং কেলাসিত (crystalline ...বণের সংকেত : $KAlS_2O_8, 12H$...

13. একটি যৌগের (X) সংযুতি নি...: $Na = 27 \cdot 37\%$, $H = 1 \cdot 1$.. %, $C = 14 \cdot 29\%$ ও $O = 57 \cdot 15\%$ যৌগটির সর... লিখ। X-কে উত্তপ্ত করিলে যে যৌগ (Y) অবশিষ্ট থাকিবে, তাহার শতকরা সংযুতি নি... ।)

প্রত্যেক মৌলের শতকরা ভাগকে উহার পারমাণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করিলে নিম্নলিখিত অনুপাত পাওয়া যায় :

$Na \; \frac{27 \cdot 37}{23} = 1 \cdot 19$ $\qquad$ $C \; \frac{14 \ldots}{1 \ldots} = 1 \cdot 19$

$O \; \frac{57 \cdot 15}{16} = 3 \cdot 57$

... 1·19 দ্বারা ভাগ করিলে, Na = 1; H = 1; C = 1; ... তর প্রত্যেকটি রা... ...ওয়া যায় ; সুতরাং ... যৌগের সরলতম সংকেত $= NaHCO_3$

এখন (X)-কে উত্তপ্ত করি... Na_2CO_3 (Y) উৎপন্ন হইয়া অবশেষরূপে পড়িয়া থাকে : $2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2 + H$... অবশে...

(Y) Na_2CO_3-এর শতকরা সংযুতি

Na_2CO_3-এর আণবিক ওজন

$2Na = 23 \times 2 = 46$

$C = 12 \times 1 = 12$

$3O = 16 \times 3 = 48$

106

সুতরাং Na-এর শতকরা ভাগ $= \frac{46}{106} \times 100 = 43 \cdot 39$

C $= \frac{12}{106} \times 100 = 11 \cdot 32$

O $= \frac{48}{106} \times 100 = 45 \cdot 29$

14. একটি অজৈব যৌগের সংযুতি নিম্নরূপ : $N = 35\%$, $H = 5\%$, $O = 60\%$ এই যৌগটিকে উত্তপ্ত করিলে একটি গ্যাসীয় যৌগ উৎপন্ন হয় ও উহাতে 63·63%

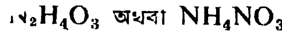
নাই... ও 36·37% অক্সিজেন থাকে। যৌগদ্বয়ের সংকেত নির্ণয় কর ও এই প্রক্রিয়ার ...করণটি লিখ।

...র্থটির প্রত্যেক মৌলের শতকরা ভাগকে ঐ মৌলের পারমাণবিক ওজন দ্বারা ...দের পরমাণুর অনুপাত পাওয়া যায় ঃ

$$... O = \frac{35}{14} : \frac{5}{1} : \frac{60}{16} = 2{\cdot}5 : 5 : ...75$$

$$= 2 : ... : 3 \text{ (1·25 দ্বারা ভাগ করিয়া)}$$

সুতরাং অজৈব পদার্থটি ... $N_2H_4O_3$ অথবা NH_4NO_3



গ্যাসীয় পদার্থটির ... গুলির শতকরা ভাগকে মৌলের স্ব স্ব পারমাণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করিলে অনুপাত পাওয়া ...

$$N : O = \frac{63}{14} : \frac{36{\cdot}37}{16} = 4{\cdot}545 : 2{\cdot}273 = 2 : 1$$

সুতরাং গ্যাসীয় পদার্থটির ... N_2O

বিক্রিয়ার সমীকরণ ঃ $NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$.



15. দুইটি জৈব যৌগ ... ও (B) এর বিশ্লেষণে ...গণিত একই প্রকার প্রকাশ পায় ঃ C = 40%, H = 6·67% ও O = 53·33 ... যদি (A) যৌগে এক কার্বন পরমাণু ও (B) যৌগে তিনটি কার্বন পরমাণু থাকে, ... (A) ও (B) এর ... সংকেত কী হইবে ?

শতকরা সংযুতির প্রত্যেক মৌলের শতকরা ভাগকে ... মৌলের পারমাণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করিয়া নিম্নলিখিত অনুপাত পাওয়া যায় ঃ

$$C : H : O = \frac{40}{12} : \frac{6{\cdot}67}{1} : \frac{53{\cdot}33}{16} = 3{\cdot}33 : 6{\cdot}67 : 3{\cdot}33 = 1 : 2 : 1$$

সুতরাং যৌগের সরলতম সংকেত ঃ CH_2O

এখন (A) যৌগের অণুতে একটি মাত্র কার্বন পরমাণু বিদ্যমান, সুতরাং উহার আণবিক সংকেত CH_2O.

কিন্তু (B) যৌগের অণুতে তিনটি কার্বন পরমাণু আছে, সুতরাং উহার আণবিক সংকেত $(CH_2O)_3$ বা $C_3H_6O_3$.

16. 1 গ্রাম ফসফরাসকে বাতাসে সম্পূর্ণরূপে দহন করিলে 1·77 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যায়। অক্সাইডটির সহজতম সংকেত কী ? উহার আণবিক ওজন 220 হইলে, আণবিক সংকেতটি সহজতম সংকেতের কত গুণ ? [P = 31]

যেহেতু 1 গ্রাম P দহনের ফলে 1·77 গ্রাম অক্সাইডটি উৎপন্ন হয়,

অতএব, 1 গ্রাম P-এর সহিত $(1{\cdot}77-1)=0{\cdot}77$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয়।

ধরা যাক, অক্সাইডটির সংকেত P_xO_y (x=ফসফ...এর পরমাণুর ..., y=অক্সিজেনের পরমাণুর সংখ্যা)।

অতএব, অক্সাইডটিতে ফসফরাসের ওজন : অক্সিজেনের ওজন$=31x$: ...

অর্থাৎ, P-এর ওজন ঃ অক্সিজেনের ও...

=P-এর পারমাণবিক গুরুত্ব$\times x$ ঃ অ...জেনের পরমাণবিক গুরুত্ব$\times y$.

বা, $\dfrac{\text{P-এর ওজন}}{\text{P-এর পারমাণবিক গুরুত্ব}}$ ঃ $\dfrac{\text{অ...র ওজন}}{\text{অক্সিজেনের পার...ত্ব}}=\dfrac{x}{y}$

বা, $\dfrac{1}{31}$ ঃ $\dfrac{0{\cdot}77}{16}=\dfrac{x}{y}$ বা, $\dfrac{1}{1{\cdot}5}=\dfrac{x}{y}$ বা. $\dfrac{2}{3}=\dfrac{x}{y}$

অতএব, অক্সাইডটির স্থূল সংকেত P_2O_3

...হ আণবিক সংকেত $(P_2O_3)_n$ (n=একটি পূর্ণসংখ্যা)

... $(...2+16\times3)_n=220$ (প্রদ...) বা, $11(...)=220$ বা, $n=2$

... আণবিক ... স-সংকেতের দ্বি...

...4. একটি যৌগে ...% সোডিয়াম, 9·97... ক, 6·25% হাইড্রোজেন ও ...ংশ অক্সিজেন আছে। ...দি যৌগটিতে সমস্ত হাইড্রো...ন কেলাস-জল রূপে বিদ্যমান ...তবে যৌগটির সম্ভাব্য ...ক সংকেত কী হইবে?

যৌগটিতে আছে ঃ $Na=...31\%$, $S=9{\cdot}97\%$, $H=6{\cdot}25\%$

∴ উহাতে অক্সিজেন আছে ... $-(14{\cdot}3...+9...+6{\cdot}25)=69{\cdot}47\%$

অতএব, যৌগটিতে মৌলগুলির পর... সংখ্যার অনুপাত—

$$Na:S:H:O=\frac{14{\cdot}31}{23} : \frac{9{\cdot}97}{32} : \frac{6{\cdot}25}{1} : \frac{69{\cdot}47}{16}$$

$$=0{\cdot}62:0{\cdot}31:6{\cdot}25:4{\cdot}34$$

এই সংখ্যাগুলির মধ্যে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা$=0{\cdot}31$ এবং ইহা দ্বারা অনুপাতের সংখ্যাগুলিকে ভাগ করিলে পাই—

$$Na:S:H:O=\frac{0{\cdot}62}{0{\cdot}31}:\frac{0{\cdot}31}{0{\cdot}31}:\frac{6{\cdot}25}{0{\cdot}31}:\frac{4{\cdot}34}{0{\cdot}31}=2:1:20:14$$

সুতরাং, যৌগটির স্থূলসংকেত$=Na_2SH_{20}O_{14}$

কিন্তু প্রশ্নে দেওয়া আছে যে, যৌগটির সমস্ত হাইড্রোজেন কেলাস-জলরূপে বর্তমান। সুতরাং 20টি হাইড্রোজেন পরমাণু 10টি অক্সিজেন পরমাণুর সহিত মিলিত হইয়া 10 অণু কেলাস-জলরূপে যৌগটিতে আছে।

∴ কেলাসিত যৌগটির সম্ভাব্য আণবিক সংকেত$=Na_2SO_4,\ 10H_2O$.

3·6. সমীকরণের সহায়তায় রাসায়নিক গণনা ঃ সমীকরণের (Equation) ঃ রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে কিরূপ যৌগের অণু গঠিত হয় এবং কত পরিমাণ গঠিত …া জানা যা… এই সমীকরণের সাহায্যে বিক্রিয়ার আগে ও পরের যৌগ পরিমাণ নির্ধারণ কর… যায়।

…রণ

.. … গ্রাম গন্ধক পোড়াইয়া ক… গ্রাম স… …র ডাই অক্সাইড পাওয়া যাইবে ? গন্ধক ও অক্সিজেনের রাসায়নিক বিক্রিয়ার স… … ঃ $S+O_2=SO_2$

আণবিক ও… …$10\times2=64$

অর্থাৎ 32 … …ক 64 গ্রাম সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী করে।

সুতরাং, 5 গ্… গন্ধক পোড়াইয়া $\frac{64}{32}\times5=10$ গ্রাম সালফার ডাই-অক্সাইড পাওয়া যাইবে।

2. 100 গ্রা… …প্রস্তুত করার জন্য কত গ্রাম হাইড্রোজেন ও কত গ্রাম অক্সিজেনের প্রয়ো… হইবে ?

জলের সমীকরণ… $2H_2+O_2=$ …$_2O$

অর্থাৎ $2\times2+2$… …$+16)=36$

অর্থাৎ 36 গ্রাম জ… …রী করিতে হাইড্রোজেন … …$=4$ গ্রাম

„ 100 „ „ „ „ „ $=\frac{4}{36}\times100=$

এবং 100 গ্রাম জল …রী করিতে অক্সিজেন … …ন $=\frac{32}{36}\times100=8$…

সুতরাং হাইড্রোজেন প্র… …1 গ্রাম এব… …জেন প্রয়োজন 88·9 গ্রাম।

3. 10 গ্রাম সোডিয়াম …লে … … …ত পরিমাণ কস্টিক সোডা উৎপন্ন হইবে ?

সোডিয়াম ও জলের বিক্রিয়ার সমীকরণ ঃ

$$2H_2O + 2Na = 2NaOH + H_2$$

$$2\times23=46 \qquad 2(23+16+1)=80$$

46 গ্রাম সোডিয়াম তৈরী করে 80 গ্রাম কস্টিক সোডা

∴ 10 „ „ „ „ $\frac{80}{46}\times10=17{\cdot}39$ গ্রাম কস্টিক সোডা।

4. 10 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রস্তুত করার জন্য কত পরিমাণ জিংক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রয়োজন হইবে ?

সমীকরণ ঃ $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$

$$65{\cdot}4 \qquad 2+32+64=98$$

2 গ্রাম হাইড্রোজেনের জন্য প্রয়োজন 65·4 গ্রাম জিংক

∴ 10 „ „ „ „ $\frac{65{\cdot}4}{2}\times10=327$ গ্রাম জিংক

2 গ্রাম হাইড্রোজেনের জন্য প্রয়োজন 98 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড।

$\therefore$ 10 " " " " $\frac{98}{2} \times 10 = 490$ গ্রাম অ্যাসিড।

প্রশ্ন

1. 65% নাইট্রিক অ্যাসিড এবং [illegible]% সালফিউরিক অ্যাসিডের অর্থ কি?

2. 6 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোক্লো[illegible]অ্যাসিড দ্বারা ক্রিয়ান্বিত করিলে কত পার[illegible] হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে? [*Ans.* 0·5 gm.]

3. 18 গ্রাম স্টীম বিজারিত করিতে কত পরিমাণ আয়[illegible] জন হইবে? (*C. U. Inter.* 19[illegible] *Ans.* 42 gms.]

4. সালফিউরিক অ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব $= 1 \cdot 8$, 10[illegible] ml. সালফিউরিক অ্যাসিডের ওজন নির্ণয় কর? [*Ans.* 180 gm.]

5. 30 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেন প্রস্তুত [illegible] হইল। জিংক ও [illegible] অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন প্রস্তুত [illegible] হইল। পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে প্রাপ্ত [illegible] মাণ হাইড্রোজেন [illegible]রূপে সংয[illegible] হইতে কত ওজনের জিংক [illegible] হাইড্রোজে[illegible] জন হইবে? [*Ans.* 47·75 gms.]

[illegible] P_2O_7-এর মৌল[illegible] শতকরা ভাগ নির্ণয় কর[illegible], (Ca=40, P=31, O=[illegible] [*Ans.* Ca=31·50%; P=2[illegible]·40%; O=44·10%]

7. [illegible] সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2[illegible], $10H_2O$) সবুজ ভিট্রি[illegible]ল ($FeSO_4$, $7H_2O$) এই যৌগিক পদার্থ দুইটিতে কেলাস জলের [illegible]শিক ওজন [illegible]র। [*Ans.* 62·93% এবং 45·32%]

8. সোডিয়াম ক্লোরাইডে Na ও Cl-এর শতকরা ভাগ কত? এক মেট্রিক টন (2000 kg.) সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে কত কিলোগ্রাম ক্লোরিন পাওয়া যাইবে?

[*Ans.* Na=39·32%, Cl=60·68%; 1231·6 kg].

9. লোহিত তপ্ত কপার অক্সাইড-পূর্ণ বাল্বের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন প্রবাহিত করা হইলে উহার ওজন 20·36 গ্রাম কমিয়া যায়। বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জল ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-পূর্ণ বাল্বে শোষিত হইলে বাল্বের ওজন 22·90 গ্রাম বাড়িয়া যায়। উক্ত পরীক্ষার ফলাফল হইতে জলের শতাংশিক গঠন নির্ণয় কর। [*Ans.* H—11·1%, O—88·9%]

10. সালফিউরিক অ্যাসিডে গন্ধকের শতকরা ভাগ কত? 100 পাউণ্ড H_2SO_4 প্রস্তুত করিতে কত পরিমাণ গন্ধক লাগিবে? [S=32] [*Ans.* S=32·65%; 32·65 lbs.]

11. অস্থি-ভস্মে শতকরা 80 ভাগ $Ca_3(PO_4)_2$ আছে। উহাতে CaO ও P_2O_5-এর শতকরা ভাগ কত? (Ca=40, P=31, O=16)

[*Ans.* CaO=43·35%; P_2O_5=36·65%]

12 ক্সাইটে (Al_2O_3, $2H_2O$) শতকরা কত ভাগ অ্যালুমিনিয়াম আছে? একটি নুনায় 30·2% অ্যালুমিনিয়াম আছে। বক্সাইটটির শতকরা বিশুদ্ধি নির্ণয় কর।]
[*Ans.* Al—39·13%; বিশুদ্ধতা 94·81%]

ইপ্রাস অক্সাইড ও কিউপ্রিক অক্সাইডের একটি মিশ্রণে 88% কপার আছে। দুইটির প্রত্যেকের পরিমাণ কত? (Cu=64)
[*A*· Cu_2O—90%, CuO—10%]

5 গ্রাম অশুদ্ধ অ্যামোনিয়াম সালফে... চুন সহযোগে উত্তপ্ত করিয়া 1·02 গ্রাম অ্যামোনিয়া পাওয়া গেল। অ... ...ট্রোজেনের শতকরা পরিমাণ কত? নমুনাটিতে শতকরা কত ভাগ বিশুদ্ধ ...নিয়াম সালফেট আছে? [*Ans.* 16·8%, 81%]

15. একটি খনিজ ...র্থে শতকরা 80 ভাগ ফেলস্পার ($K_2O, Al_2O_3, 6SiO_2$) আছে। ঐ খনিজে (a) K_2O (b) Al_2O_3-র শতকরা পরিমাণ কত? [K=39, Al=27, Si=28].
[*Ans.* (*a*) 13·43% (*b*) 14·70%]

16. সোদক অ্যালু...নিয়াম সালফেটে $Al_2(SO_4)_3$ $(18H_2O)$ সালফার ট্রাইঅক্সাই... এর শতকরা পরিমাণ কত? [*Ans.* ...

17. সোডিয়াম ক্লোরাইড ও পটাসি... ক্লোরাইডের 7·5 ... আছে। মিশ্রণ যৌগ দুইটি ... ভাগ নির্ণয় কর। ... 35·5 ...)
[*Ans.* NaC... 95%, KCl ...]

18. পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের ঘনত্ব 0·238. ...বণের কত ml.-এ ... পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড আছে। [*Ans.* 4 ...]

19. 20 শতাংশ সোডিয়াম ... দ্রবণের আ... ...ক গুরুত্ব 1·2. এই দ্রবণের কত... পরিমাণ বাষ্পীভূত করিলে 1 গ্রাম সাডি... ক্লো... ওয়া যাইবে? [*Ans.* 6 gms]

20. নিম্নলিখিত শতকরা সংযুতি-বিশিষ্ট যোগগুলির সহজতম সংকেত নির্ণয় কর

(*a*) Ca=40, C=12, O=48.

(*b*) Fe=20·14, O=23·04, S=11·5, H_2O=45·32

(*c*) C=33·78, H=4·72, N=13·17, Cl=33·34, O=14·99.

(*d*) K=26·58, Cr=35·35, O=38·07 (K=39, Cr=52)

[*Ans.* (*a*) $CaCO_3$ (*b*) $FeSO_4$, $7H_2O$.
(*c*) C_3H_5NClO, (*b*) $K_2Cr_2O_7$]

21. একটি যৌগে 40% কার্বন, 6·6% হাইড্রোজেন ও অবশিষ্টাংশ অক্সিজেন আছে। যৌগটির বাষ্প-ঘনত্ব (H=1) 30 হইলে উহার স্থূল ও আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।
[*Ans.* CH_2O, $C_2H_4O_2$]

22. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের শতকরা সংযুতি 85·62 শতাংশ কার্বন এবং 14·38 শতাংশ হাইড্রোজেন। প্রমাণ চাপে ও তাপে গ্যাসটির ঘনত্ব 1·26। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [*Ans.* C_2H_4]

23. একটি পদার্থে শতাংশিক মাত্রায় C=40 ভাগ, H=6·70 ভাগ এবং . 5·33 ভাগ বর্তমান। পদার্থটির সাধারণ সংকেত গণনা কর। পারমাণবিক ওজন C= H=1. [Ans

24. Na, S, O এবং H মৌলের সংযোগে গঠিত একটি যৌগ বিশ্লেষণ করিয়া ফলাফল পাওয়া গেল ঃ

Na=14·31 ; S=9·97 , H 6·25 ; O=69·47 পদার্থটির গঠনে ও হাইড্রোজেন জলরূপে বর্তমান। পদার্থটির নির্ণয় কর। [*Ans.* Na_2SO_4, $10H_2O$]

25. একটি জৈব যৌগের 3·31 গ্রাম 0·256 গ্রাম. CO_2 ও 0·0645 গ্রাম. H_2O উৎপন্ন হইল। আবার ঐ যৌগের 0 গ্রাম. লইয়া যথাযোগ্য বিক্রিয়ায় 0·376 গ্রাম. AgBr পাওয়া গেল। যৌগটির সরল সংকেত কী হইতে পারে ? [Ag=108; Br=80] [*Ans.* $C_4H_5Br_5$]

26. 1·5 গ্রাম সোদক ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড উত্তপ্ত করায় ·76 গ্রাম অবশেষ রহিল অনার্দ্র হইল। সোদক লবণে জলের শতকরা ভাগ কত এবং এক অণু অনার্দ্র লবণের সংযুক্ত হইয়া সোদক এর এক অণু তৈয়ারী হয় ? [*Ans.* 49·34%, 6]

A-নামক একটি সংযুতিতে 40% ক্যালসিয়াম, 12% কার্বন ও 48% আছে। A-কে উত্তাপে বিযোজিত করিলে B-নামক একটি যৌগ অবশেষরূপে থাকে। শতকরা সংযুতি ঃ =71·43 ও O=28·57 A ও B-এর সংকেত নির্ণয় কর এবং যে বিক্রিয়ায় A হইতে তাহার সমীকরণ

[*Ans.* $A=CaCO_3$; $B=CaO$
$CaCO_3=CaO+CO_2$]

28. কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন-ঘটিত একটি জৈব যৌগে 32% কার্বন, 4% হাইড্রোজেন ও অবশিষ্টাংশ অক্সিজেন আছে। যৌগটির একটি অণুতে 6টি অক্সিজেন পরমাণু থাকিলে উহার আণবিক সংকেত কী হইবে ? [*Ans.* $C_4H_6O_6$]

29. একটি জৈব যৌগে 20% হাইড্রোজেন ও 80% কার্বন আছে। যৌগটির আণবিক গুরুত্ব=30. যৌগটির আণবিক সংকেত ও নাম কী ? [*Ans.* C_2H_6, ইথেন।]

রাসায়নিক সংযোগ সূত্র

(Laws of Chemical Combination)

মৌল কিভাবে পরস্পরে রাসায়নিক পদ্ধতিতে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষভাগে এবং তার পরে এরূপ কয়েকটি সূত্র আবিষ্কৃত হয়। এই সূত্রগুলি প্রতিষ্ঠিত হয় ডাল্টনের পারমাণবিক তত্ত্ব প্রবর্তনের আগে। এরূপ সূত্রগুলি,—**রাসায়নিক সংযোগ সূত্র** (Laws of Chemical Combination or Laws of Stoichiometry) নামে পরিচিত। ঐতিহাসিক দৃষ্টিতে ... হইলেও, বুঝিবার সুবিধার্থে ইহাদের প্রতীক চিহ্ন ও সংকেত অধ্যায়ের পরে ... দেওয়া হইল। এরূপ প্রধান প্রধান সূত্র কয়টির নাম :

1. **পদার্থের নিত্যতা বা অবিনাশিতা সূত্র** (Law of Indestructibility of Matter or Law of Conservation of Mass)।
2. **স্থিরানুপাত সূত্র** (Law of Definite or Constant Proportions)।
3. **গুণানুপাত সূত্র** (Law of Multiple Proportions)।
4. **মিথোনুপাত সূত্র** (Law of Reciprocal Pro...
5. **গ্যাস আয়তনি...** ...w of Gaseo...

অধ্যায়ে আলোচ্য)।

4·1. পদার্থের নিত্যতা বা অবিনাশিতা সূত্র : ...দার্থের নিত্যতা বা ... সূত্রটি আবিষ্কার করেন বিজ্ঞানমনীষী **ল্যাভয়সিয়া** (Lavoisier) 1774 ...। রাসায়নিক পরিবর্তন বা বিক্রিয়া ... ঘটনাবলী ...ক্ষা ও বিশ্লেষণ করিয়া ল্যাভয়সিয়ার সিদ্ধান্ত করেন :

যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের সামগ্রিক ওজন বা ভর বিক্রিয়ার আগে ও পরে সর্বদা সমান থাকে।

অর্থাৎ, রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে পদার্থের ধর্মান্তর ঘটে বটে কিন্তু পদার্থের ভর বা ওজনের কোন ক্ষয় বা বৃদ্ধি হয় না। সুতরাং যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার আগে ও পরে পদার্থের সামগ্রিক পরিমাণ সর্বদা একই থাকে। এই তত্ত্বটিকে **পদার্থের নিত্যতা বা অবিনাশিতা সূত্র** বলে।

রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পদার্থের ধর্মে পরিবর্তন ঘটে কিন্তু সামগ্রিক পরিমাণের কোন পরিবর্তন ঘটে না। যথা, দুইটি পদার্থ A ও B পরস্পর রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটাইয়া যদি C ও D ভিন্ন রকম দুইটি নতুন পদার্থ গঠন করে, তবে দেখা যাইবে যে, বিক্রিয়ার আগে A ও B পদার্থ দুইটির সামগ্রিক ওজন বা ভর বিক্রিয়ার পরে গঠিত C ও D নূতন পদার্থ দুইটির সামগ্রিক ওজনের বা ভরের সমান। অর্থাৎ

বিক্রিয়ার আগে (A+B)-এর ওজন = বিক্রিয়ার পরে (C+D)-এর ওজন

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিক্রিয়ায় লবণ ও জল তৈরী হয়।

($HCl + NaOH = NaCl + H_2O$)। বিক্রিয়ার আগে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের যে সম্মিলিত ওজন থাকে, বিক্রিয়ার পরে গঠিত লবণ (সোডিয়া... ...াইড) ও জলের ঠিক একই সম্মিলিত ওজন পাওয়া যায়।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড + সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ... লবণ +

36·5 গ্রাম + 40 গ্রাম = 58·5 গ্রাম +

আপাতদৃষ্টিতে রাসায়নিক পরিবর্তনের ঘটনাবলীতে অনেক ক্ষেত্রে পদার্থের নি... উল্টা ঘটনাই ঘটিতে দেখা যায়। কয়... পুড়িয়া যে ছাই তৈরী হয়, আপাতদৃষ্টিতে ...য়, সেই ছাই-এর ওজন কয়লার চেয়ে কম। তেল, ... পেট্রল পোড়াইলে এই বস্তুগুলি একেবারে যেন ক্ষয় হইয়া যায়, কিছুই বাকী থাকে না। আবার তাম..., ...পারদ, টিন বা ম্যাগনেসিয়াম পোড়াইলে যে ভস্ম তৈরী হয়, সেই ভস্মের ওজন মূল ধাতুর চেয়ে বে...। কিন্তু এই রাসায়নিক পরিবর্তনের মূল বিক্রিয়াগুলি বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় যে, রাসায়নিক পরিবর্তনের সময় মূল পদার্থগুলির ওজনের যথার্থই কোন হ্রাস বা বৃদ্ধি হয় না।

কয়লা প্রধানত মৌলিক পদার্থ কার্বন ও হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত এবং কয়লার মধ্যে বাহ্যিক ... (impurities) থাকে কিছু অন্য পদার্থ... কয়লা পোড়া... সময় বায়ুর অক্সিজেনের ... হাই... সংযুক্ত হইয়া কার্ব... ...ই অক্সাইড ... গ্যাস ও জলীয় বাষ্প গঠন ... ...ফেট ... তে মিশিয়া যায় এ... ...য়া থাকে শুধু ধাতুর ছাই। করে ... অদৃশ্য ... ও ... য়লা ও অক্সিজেনের সংযু... ...জন পাওয়া যায় এবং কয়লা ... ...নক পরিবর্তনের ... গ্যাস, জলীয় বাষ্প ও ছাই- ...র সংযুক্ত ওজন পাওয়া যায় ... কার্বন ডাই-অক্সা... ... এবং ... যাইবে ঃ

[কয়লা + অক্সিজেন]-এর সং... ওজন = (ছ... ...ন-ডাই অক্সাইড ... জলীয় বাষ্প]-এর সংযুক্ত ওজন

মোম, তেল ও পেট্রল মৌলিক পদার্থ কার্বন ও হাইড্রোজেনের দ্বারা গঠিত। জ্বলিবার সময় এই জ্বালানী হইতে অদৃশ্য কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও জলীয় বাষ্প তৈরী হয় বলিয়া আপাতত মনে হয় মোম, তেল বা পেট্রল বুঝি জ্বলিয়া ক্ষয় হইয়া যায়। কিন্তু দৃশ্য ও অদৃশ্য বিভিন্ন উৎপাদক ও উৎপন্ন পদার্থের ওজন যথার্থভাবে হিসাব করা সম্ভব হইলে দেখা যাইবে ঃ

[মোম বা তেল + অক্সিজেন]-এর সংযুক্ত ওজন

= [কার্বন ডাই-অক্সাইড + জলীয় বাষ্প]-এর সংযুক্ত ওজন

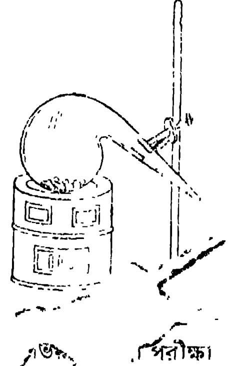
ম্যাগনেসিয়াম, তামা, পারদ বা টিনের ন্যায় ধাতু বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া ধাতুর অক্সাইড তৈরী করে। তাই ধাতুর অক্সাইড তথা, ধাতুভস্মের ওজন মূল ধাতুর চেয়ে বেশি। একই কারণে লোহার চেয়ে লোহার মরিচার বা লৌহ ভস্মের ওজন বেশি। তাই, যথার্থ পরীক্ষায় দেখা যাইবে ঃ

[ধাতু + অক্সিজেন]-এর সংযুক্ত ওজন = মরিচার বা ধাতু-ভস্মের ওজন

[লোহা + অক্সিজেন]-এর সংযুক্ত ওজন = মরিচার বা লৌহ ভস্মের ওজন

পরীক্ষাগত প্রমাণ (Experimental proof)

ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষা (Lavoisier's Expt : formation of tin oxide): ...য়ার একটি কাচের টর্ট বা বকযন্ত্রের মধ্যে অল্প পরিমাণে টিন রাখেন এবং এই ধাতব ...ত বকযন্ত্রের গলাটি উত্তাপে গলাইয়া বন্ধ করিয়া দেন। পরে টিনসহ সেই মুখবন্ধ বক- (retort) ওজন গ্রহণ করেন। তারপর বকযন্ত্রটিকে স্টোভের উপর বসাইয়া উচ্চ ...তপ্ত করেন। বকযন্ত্রের মধ্যে যে ... জন আবদ্ধ ...কে সেই অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া ধাতব টিন আংশিকভাবে **সাদা ভস্মে** পরিণত ... ভস্ম টিনের অক্সাইড। এরূপ রাসায়নিক ক্রিয়ার পরে তিনি আবার সাদা ভস্ম সমেত রিটর্টের ওজন গ্রহণ করেন। এই পরীক্ষায় দেখা যায় যে, বকযন্ত্রটির আগের ও পরের ওজন একই রহিয়াছে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে ধাতব টিন সাদা ধাতুভস্মে পরিণত হওয়া সত্ত্বেও পদার্থের মোট ওজনের পরিমাণের কোন হ্রাস বা বৃদ্ধি হয় নাই। ...র পরিবর্তে ফসফরাস, ম্যাগনেসিয়াম বা অন্য ধাতু ... উপরে বর্ণিত ... পরীক্ষা সম্পন্ন করিয়া পদার্থের নি... সূত্র প্রমাণ করা যায়।



(ii) **লোহার মরিচা** (Rusting of Iron) : ... একটি পরী... মানা অ-পাতিত সাধারণ জল লও এবং নলের মধ্যে কয়েকটি ... পেরেক রাখ। ... অবস্থায় পরীক্ষা-নলটির মুখ বায়ুরুদ্ধ করিয়া কর্কের সাহায্যে ... করিয়া দাও। জল ও ... ক-সহ ... পরীক্ষা-নলের ... ওজন লও। ওজন লওয়ার পরে পরীক্ষা-নলটি কয়েক ... দাও। দেখিবে, কয়েক দিনের মধ্যেই লোহার পেরেকের গায়ে মরিচা পড়িবে। এখন আবার পরীক্ষা-নলটির ওজন লও। দেখিবে, আগে ও পরে পরীক্ষা-নলটি ওজনে সমান রহিয়াছে।

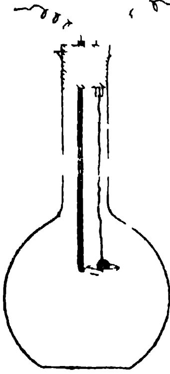


লোহার মরিচার পরীক্ষা

পেরেকের গায়ে মরিচা পড়ার অর্থ লোহা আংশিকভাবে হাইড্রেটেড ফেরিক অক্সাইড যৌগে পরিণত হইয়াছে এবং অক্সিজেন সংযোগের ফলে লোহার ওজন বৃদ্ধি পাইয়াছে। কিন্তু লোহা যে অনুপাতে অক্সিজেন ও জল গ্রহণ করিয়া হাইড্রেটেড ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হইয়াছে, সেই অনুপাতে পরীক্ষা-নলের ভিতরের অক্সিজেন ও জল হ্রাস পাইয়াছে। তাই, মরিচা পড়ার আগে ও পরে পরীক্ষা-নলের ওজন একই রহিয়াছে।

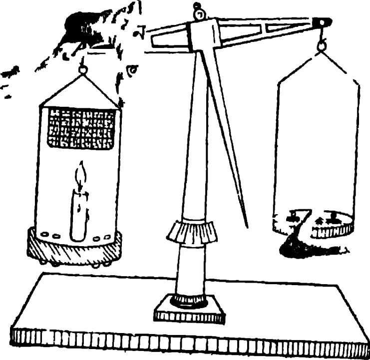
(iii) **অঙ্গার প্রজ্জ্বলনের পরীক্ষা** (Charcoal burning experiment) : একটি কাচের বড় ফ্লাস্ক লও ও ফ্লাস্কের মুখসই একটি রবারের ছিপি লও। রবারের ছিপিটিতে

দুইটি ছিদ্র কর এবং এই ছিদ্র দিয়া দুইটি তামার তার ঢোকাও। এমন দুইটি তার লও যাহার মধ্যে একটি তামার তারের মুখে লাগানো থাকে একটি ছোট ধাতব চামচ। তামার তা[illegible] লাগানো এই চামচে এক টুকরা অঙ্গার [illegible]। চামচটিকে প্লা[illegible] তার দিয়া অপর তারটির সঙ্গে সংযুক্ত কর। তারপরে বড় [illegible] অক্সিজেন গ্যাস দ্বারা ভর্তি কর এবং তারসহ চামচটি কাচের [illegible] ফ্লাস্কটির [illegible] ঢুকাইয়া রবারের ছিপিটি আঁটিয়া ফ্লা[illegible] বন্ধ করিয়া [illegible] করিয়া দাও। এখন **তার, চা[illegible] অক্সিজেন ও অঙ্গার-[illegible] ওজন লও।** তারপরে তামার তার দুইটি একটি ব্যাটারির [illegible] তারদ্বয়ের সঙ্গে সংযুক্ত কর। প্লাটিনাম তারের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হওয়ার ফলে অগ্নিতপ্ত হইয়া চামচের অঙ্গার ফ্লাস্কের ভিতরে অক্সিজেন সংযোগে জ্বলিয়া যাইবে। এখন ফ্লাস্কটিকে ঠাণ্ডা করিয়া ওজন লও। এই পরীক্ষায় দেখা যাইবে, **ফ্লাস্কের পরের ওজন ঠিক আগের ওজনের সমান।** [illegible]র ভিতরের অক্সিজেনের সংযোগে [illegible] ডাই-অক্সাইড [illegible] করিয়াছে তাহা মুখবন্ধ ফ্লাস্কের মধ্যে [illegible] গিয়াছে। [illegible] আগে ও পরে ওজনে[illegible] পরিবর্তন হয় নাই।



[illegible] প্রজ্বলন
চামচে [illegible] লেকট্রোড [illegible]

মোমবাতি প্রজ্ব[illegible] পরীক্ষা (Candle bu[illegible]ing experiment) : এক[illegible] [illegible]াসের মোটা কাচের ন[illegible]। নলটির উপর দিকের মুখে একটি লোহার জালের পাত্রটি [illegible]সাঁট করিয়া বসাইয়া উহ[illegible] মধ্যে সোডালাইম [সিক্ত চুন ও কস্টিক [illegible] মিশ্রণ—$Ca(OH)_2 + NaOH$] দাও। নলের নিচের দিকের মুখসই একটি কর্কের ছিপি লও এবং বায়ুচলাচলের জন্য ছিপির গায়ে কয়েকটি ছিদ্র করিয়া দাও। ছিপির উপরে একটি মোমবাতি বসাইয়া ছিপিটি নলের নিচের দিকের মুখে আঁটিয়া দাও। সোডা লাইমের পুলিন্দা এবং ছিপির-উপরে-বসান নলটির ওজন লও। ওজন লওয়ার পরে ছিপিটি খুলিয়া মোমটি জ্বালাও এবং তাড়াতাড়ি নলের মধ্যে ঢুকাইয়া ছিপিটি আঁটিয়া দাও। মোমবাতিটি জ্বলিয়া নিঃশেষ হইবার পরে ছিপি ও সোডা লাইমের পুলিন্দাসহ নলটি আবার ওজন কর।

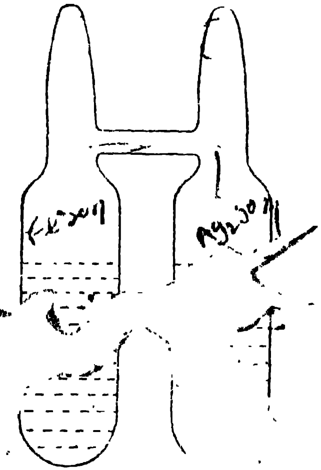


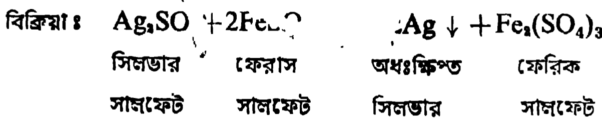
মোমবাতি প্রজ্বলনের পরীক্ষা

মোমটি পুড়িয়া নিঃশেষ হইয়া যাইবার ফলে আপাত দৃষ্টিতে মনে হইবে যে নলের দ্বিতীয় ওজন প্রথম ওজনের চেয়ে কম হইবে। কিন্তু বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় যে, মোম জ্বলিয়া নিঃশেষ

হইবার পরে নলের ওজন বরং বাড়িয়া গিয়াছে। কারণ, মোম জ্বলিয়া যাইবার ফলে যে কার্বন ডাই ড গ্যাস ও জলীয় বাষ্প তৈরী হয়, নলেভরা সোডা লাইম তাহা শুষিয়া লয়। মোমের হাইড্রোজেন বায়ুর ... জেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও জলীয় বাষ্প ...র। তাই এই গৃহীত ...জেনের পরিমাণ অনুযায়ী নলের ওজন বৃদ্ধি পায়। মোম ... জন্য বায়ু হইতে যে পরিমাণে অক্সিজেন গ্রহণ করা হয় ওজন বাড়ে সেই পরিমাণে।

...। **ল্যানৃডল্টের পরীক্ষা** (Landolt's expt.)ঃ পদার্থের অবিনাশিতা ...ঃ বিজ্ঞানী ল্যানৃডল্টের পরীক্ষাটি সুবিদিত ...খিতে ইংরাজী H-অক্ষরের মত একটি ... নল ব্যবহার করেন বিজ্ঞানী ল্যানৃডল্ট ... নলের এক শাখায় ভরেন **ফেরাস সালফেট** (ferrous sulphate) দ্রবণ এবং অপর শাখায় ভরেন **সিলভার সালফেট** (silver sulphate) দ্রবণ। তারপরে নলের দুই শাখার মুখ দুইটি উত্তাপে গলাইয়া বন্ধ করিয়া দেন। প্রথমে তিনি ফেরাস সালফেট ও সিলভার সালফে... ভরা মুখবন্ধ H-নলটির ওজন গ্রহণ করেন। ...র নলটিকে এপাশে ওপাশে কাৎ ক... দুইটি মিশাইয়া দেন। ফেরাস সালফেট ও সিল...র সালফেট একত্র মিশিবার ফলে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘ... এবং মিশ্রিত দ্রবণ হইতে সিলভার অর্থাৎ রূপা তৈরী ...য়া অধঃক্ষেপ রূপে নলের তলায় পড়িয়া যায়।


ল্যানৃডল্টের H-নলের পরীক্ষা।


বিক্রিয়াঃ $Ag_2SO_4 + 2FeSO_4 \rightarrow 2Ag\downarrow + Fe_2(SO_4)_3$

সিলভার সালফেট   ফেরাস সালফেট   অধঃক্ষিপ্ত সিলভার   ফেরিক সালফেট

এই বিক্রিয়ার পর আবার H-নলের ওজন লওয়া হয়। দেখা যায় যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার আগে H-ন...র যে ওজন ছিল বিক্রিয়ার পরেও সেই একই ওজন রহিয়াছে।

উদাহরণঃ 1. 1·16 গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত কত গ্রাম সিলভার নাইট্রেট বিক্রিয়া করিলে 1·70 গ্রাম সোডিয়াম নাইট্রেট ও 2·87 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড উৎপন্ন হইবে?

জড়ের অবিনশ্বরতা সূত্র অনুযায়ী, কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কগুলির মোট ভর বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির মোট ভরের সমান হইবে।

এক্ষেত্রে হইবে, সিলভার নাইট্রেটের ভর + সোডিয়াম ক্লোরাইডের ভর

= সিলভার ক্লোরাইডের ভর + সোডিয়াম নাইট্রেটের ভর

সিলভার নাইট্রেটের ভর যদি x ধরি, তবে

$x + 1\cdot16$ গ্রাম $= 2\cdot87$ গ্রাম $+ 1\cdot70$ গ্রাম.

বা, $x = 4 \cdot 57$ গ্রাম. $- 1 \cdot 16$ গ্রাম. $= 3 \cdot 41$ গ্রাম.

$\therefore$ 3·41 গ্রাম. সিলভার নাইট্রেট লইয়া বিক্রিয়া করিতে হইবে।

4·2. স্থিরানুপাত সূত্র (Law of difinite or cons[illegible]t proportions)

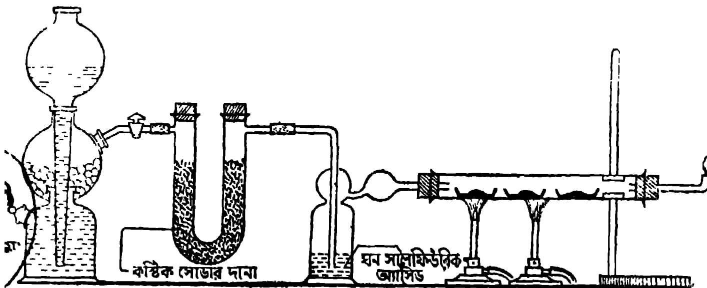
মৌলিক পদার্থের পারস্পরিক সংযোগের সুনির্দিষ্ট অনুপাতের যে-নিয়মটি বিজ্ঞানী [illegible] (Proust) 1799 খৃষ্টাব্দে আবিষ্কার করেন, রসায়নে তাহা **স্থিরানুপাত সূত্র** নামে পরি[illegible] সূত্রটি এইরূপ ঃ

যে কোন যৌগ সর্বদা একই মৌলিরাজী দ্বারা গঠিত এবং এরূপ যৌ[illegible] মৌলগুলির তৌলিক অনুপাত সর্বদা সুনির্দি[illegible] অর্থাৎ একাধিক মৌল নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতে পরস্পরে যুক্ত হইয়া বিশেষ যৌগ গঠন করে।

এই স্থিরানুপাত সূত্র অনুযায়ী যে-কোন বিশুদ্ধ জলের মধ্যে সব সময়ে পাওয়া যাইবে 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন ও 8-ভাগ ওজনের অক্সিজেন। বিশুদ্ধ সাধারণ লবণ সব সময়ে মৌলিক পদার্থ সোডিয়াম ও ক্লোরিন দ্বারা গঠিত এবং যে-কোন সাধারণ লবণ সোডিয়াম ও ক্লোরিনের [illegible]ত হইবে—23 ঃ 35·5, তাই লবণের ফর্মুলা NaCl, সেরূপ পোড়া চুনে পাওয়া যাইবে [illegible] [illegible]জন এবং ইহাদের ওজনের অনু[illegible]র হইবে 40 ঃ 16, তাই পোড়া চুনের ফর্মুলা [illegible] [illegible]ভাবে সিলভার ক্লো[illegible]যৌগ (AgCl) তৈরী করেন এবং নানা[illegible] সিলভার [illegible] [illegible]গ্রহ করিয়া তাহা বিশ্লে[illegible] [illegible]ন। এই পরীক্ষায় দেখা যায় [illegible] [illegible]ত্র সিলভার ও ক্লো[illegible]র ওজন-অনুপাত—107·8 ঃ 35·5, সুতরাং স্থিরানুপাত সূত্র [illegible] একটি যৌগিক পদা[illegible] [illegible] একই রকম মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত এবং ঐ যৌগে মৌলিক পদার্থগুলির ওজনের অনুপা[illegible] সব সময়ে সুনির্দিষ্ট [illegible]।

পরীক্ষাগত প্রমা[illegible] [illegible]menta[illegible] proof)

বিশুদ্ধ কিউপ্রিক অক্সাইড বিভিন্ন উপায়ে প্রস্তুত করা যায়। যথা ঃ (i) বিশুদ্ধ কপার নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন কপার নাইট্রেটকে বেশী উত্তপ্ত করিলে উহা ভাঙ্গিয়া গিয়া বিশুদ্ধ

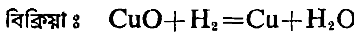


কপার অক্সাইড বিজারণ

কিউপ্রিক অক্সাইড উৎপাদন করে। (ii) কপার নাইট্রেটের দ্রবণে কস্টিক সোডা দ্রবণ যোগ করিলে ? অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় তাহা ছাঁকিয়া লইয়া পরীক্ষা নলে তাপে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ কালো ক অক্সাইড পাওয়া যায়। (iii) বিশুদ্ধ কিউপ্রিক কার্বনেট উচ্চতাপে উত্তপ্ত করিলেও দ্ধ কিউপ্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়। বিভিন্ন উপায়ে প্রস্তুত কিউপ্রিক অক্সাইডের নমুনা লইয়া নিম্নলিখিত পরীক্ষা করা হয়ঃ প্রায় 1 গ্রাম করিয়া কিউপ্রিক অক্সাইড তিনটি পোরসেলিন কোশে ...t) রাখিয়া একটি করিয়া ওজন কর। পর একটি একটি করিয়া এই কিউপ্রিক অক্সাইড-কোশ দহন-নলের (combustion tube) মধ্যে রাখিয়া বুনসেন দীপের কড়া তাপে লাল-তপ্ত কর। এই দহন-নলের মধ্যে ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস চালাও। যতক্ষণ পর্যন্ত সমস্ত কিউপ্রিক অক্সাইড হাইড্রোজেন দ্বারা কপার ধাতুরূপে বিজারিত না হইবে ততক্ষণ পর্যন্ত হাইড্রোজেন গ্যাস চালাইয়া যাও।

বিক্রিয়াঃ $CuO+H_2=Cu+H_2O$

কিউপ্রিক অক্সাইড সম্পূর্ণরূপে কপার ধাতুতে বিজারিত হইলে পোরসেলিন কোশগুলি শীতল কর এবং একে একে কপার ধাতুসহ কোশ তিনটির ওজন লও। ওজন স্থির না হওয়া পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া ও হাইড্রোজেন চালাইয়া ...র কোশের ওজন লও। ইহার পর ...



পোরসেলিন কোশের ওজন $=W_1$ গ্রাম

[পোরসেলিন কোশ+CuO]-এর ওজন $=W_2$ গ্রাম

[পোরসেলিন কোশ+Cu]-এর ওজন $=W_3$ গ্রাম

∴ CuO-এর ওজন $=(W_2-W_1)$ গ্রাম

এবং Cu-এর ওজন $=(W_3-W_1)$ গ্রাম

O_2-এর ওজন $=(W_2-W_3)$ গ্রাম

সুতরাং CuO-এর মধ্যে Cu-এর শতাংশিক ওজন $=\frac{100(W_3-W_1)}{(W_2-W_1)}$

এবং CuO-এর মধ্যে O_2-এর শতাংশিক ওজন $=\frac{100(W_2-W_3)}{(W_2-W_1)}$

... পরীক্ষায় দেখা যাইবে প্রতিটি CuO-এর নমুনার ক্ষেত্রে $Cu=79{\cdot}89\%$ এবং $O_2=20{\cdot}11\%$.

অথবা CuO-এর মধ্যে কপার এবং অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত $=63{\cdot}57:16$ এরূপ পরীক্ষায় স্থিরানুপাত সূত্র প্রমাণিত হয়।

উদাহরণঃ 1. একটি পরীক্ষায় দেখা যায় যে, 0·36 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম, ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া 1·425 গ্রাম অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। অপর একটি পরীক্ষায় পুনরায় দেখা যায় যে, 4·75 গ্রাম অন্য নমুনার অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে 1·12 লিটার ক্লোরিন গ্যাস (N.T.P.) উৎপন্ন হয়। গণনা করিয়া

দেখাও যে, উভয় পরীক্ষার সিদ্ধান্ত স্থিরানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে। (N.T.P.-তে ক্লোরিনের ঘনত্ব=3·17 গ্রাম প্রতি লিটার)।

(i) 0·36 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম হইতে 1·425 গ্রাম অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। অতএব 1·425 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডে (1·425 − 0.36) = 1·065 গ্রাম ক্লোরিন ও 0·36 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম বর্তমান।

এখন, 0·36 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সহিত 1·065 গ্রাম ক্লোরিন বিক্রিয়া করে।

— 1 ,, $\frac{1 \cdot 065}{0 \cdot 36} = 2 \cdot 96$ গ্রাম ক্লোরিন।

(ii) 1·12 লিটার ক্লোরিন গ্যাসের ওজন N.T.P.তে

= 1·12 × ক্লোরিন গ্যাসের ঘনত্ব = 1·12 × 3·17 = 3·55 গ্রাম

$MgCl_2$ এর ওজন = 4·75 গ্রাম, Cl_2 এর ওজন = 3·55 গ্রাম

∴ Mg এর ওজন = 1·20 গ্রাম

[illegible] 1·20 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সহিত ক্লোরিন যুক্ত আছে 3·55 gm.

[illegible] ,, $\frac{3 \cdot 55}{1 \cdot 20}$ গ্রাম = 2·96 গ্রাম

সুতরাং [illegible] ম্যাগ[illegible]ইডের উভয় নমুনায় Mg ও [illegible] এর ওজনের অনুপাত অভিন্ন [illegible] স্থিরানুপাত সূত্রকে স[illegible] করে।

[illegible] উপায়ে প্রস্তুত সিল[illegible] ক্লোরাইডের নমুনা বিশ্লেষণ করিয়া নিম্নলিখিত ফল পাওয়া গেল। প্রমাণ কর যে ফলাফল স্থিরানুপাত সূত্রের স[illegible] সামঞ্জস্যপূর্ণ।

	Ag-এর ওজন	*AgCl*-এর ওজন
(*a*)	91·462 গ্রাম	121·4993 গ্রাম
(*b*)	108·549 গ্রাম	144·2070 গ্রাম
(*c*)	69·8674 গ্রাম	92·8745 গ্রাম

(*a*) AgClএর ওজন = 121·4993 গ্রাম

Agএর ,, = 91·4620 ,,

সুতরাং, Cl_2এর ওজন 30·0373 গ্রাম

∴ 30·0373 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত 91·4620 গ্রাম Ag যুক্ত আছে

অথবা 1 ... ... $\frac{91 \cdot 4620}{30 \cdot 0373} = 3 \cdot 04$ গ্রাম Ag ,,

(*b*) AgCl-এর ওজন = 144·2070 গ্রাম

Ag-এর ,, = 108·5490 ,,

সুতরাং, Cl_2-এর ওজন = 35·6580 গ্রাম

35·6580 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত 108·5490 গ্রাম Ag যুক্ত আছে।

1 " ... $\frac{108·5490}{35·6580}$ = 3·04 গ্রাম Ag. "

(*c*) AgCl-এর ওজন = 92·8745 গ্রাম

Ag-এর " = 69·8674 "

সুতরাং, Cl_2-এর ওজন = 23·0071 গ্রাম

∴ 23·0071 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত 69·8674 গ্রাম Ag যুক্ত আছে।

অথবা 1 .. ... $\frac{69·8674}{23·0071}$ = 3·04 গ্রাম Ag. "

উপরোক্ত পরীক্ষাগুলির ফলাফল হইতে দেখা যাইতেছে যে প্রতিক্ষেত্রে AgCl যৌগে Ag এবং Cl_2-এর অনুপাত 3·04 : 1 ; সুতরাং, ইহা স্থিরানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

3. (*a*) একটি ধাতুর 0·12 গ্রাম হইতে 0·2 গ্রাম ধাতুর অক্সাইড পাওয়া যায় ; (*b*) ধাতুটির কার্বনেট ও নাইট্রেটে যথাক্রমে 28·5% ও 16·2% ধাতু আছে। রাসায়নিক সংযোগ সূত্রের সাহায্যে গণনা করিয়া বাহির কর, 1 গ্রাম কার্বনেট ও 1 গ্রাম নাইট্রেট হইতে ধাতুটির অক্সাইড কত গ্রাম করিয়া পাওয়া যাইবে ?

দেওয়া আছে যে, 100 ভাগ কার্বনেটে 28·5 ভাগ ধাতু আছে এবং 0·12 ভাগ ধাতু 0·2 ভাগ অক্সাইড উৎপন্ন করে।

সুতরাং, 28·5 ভাগ ধাতু $\frac{28·5 \times 0·2}{0·12}$ = 47·5 ভাগ অক্সাইড উৎপন্ন করে।

সুতরাং, 100 ভাগ কার্বনেট 47·5 ভাগ অক্সাইড উৎপন্ন করে।

∴ 1 " $\frac{47·5}{100}$ ভাগ অক্সাইড উৎপন্ন করিবে।

অর্থাৎ, 1 গ্রাম. কার্বনেট 0·475 গ্রাম. অক্সাইড উৎপন্ন করিবে।

পুনরায়, 100 ভাগ নাইট্রেটে 16·2 ভাগ ধাতু রহিয়াছে এবং

0·12 ভাগ ধাতু 0·2 ভাগ অক্সাইড উৎপন্ন করে।

সুতরাং, 16·2 ভাগ ধাতু $\frac{16·2 \times 0·2}{0·12}$ = 27 ভাগ অক্সাইড উৎপন্ন করিবে।

বা, 100 ভাগ নাইট্রেট 27 ভাগ অক্সাইড উৎপন্ন করিবে।

∴ 1 " " 0·27 " " " "

অর্থাৎ 1 গ্রাম. নাইট্রেট 0·27 গ্রাম. অক্সাইড উৎপন্ন করিবে।

4·3. গুণানুপাত সূত্র (Law of multiple proportions) : বিজ্ঞানী ডালটন 1803 খৃষ্টাব্দে গুণানুপাত সূত্রটি সর্বপ্রথম প্রতিষ্ঠা করেন। দুইটি মৌল মিলিত হইয়া যখন একটিমাত্র যৌগ গঠন করে তখন স্থিরানুপাত সূত্র অনুসৃত হয়। কিন্তু দুইটি মৌল যদি একটির

বেশী যৌগ গঠন করে তবে মৌল দুইটি কোন্ সূত্র অনুযায়ী সংযুক্ত হয় তাহার সন্ধান দেন বিজ্ঞানী ডালটন (Dalton)। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন জল (H_2O) এবং হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2) নামে দুইরকম যৌগ গঠন করে। তেমনি কার্বন মনক্সাইড (CO) ও কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) কার্বনের (C) দুইটি অক্সাইড। নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন পাঁচরকম অক্সাইড গঠন করে। যে-সূত্র অনুযায়ী মৌল দুইটি পরস্পরে একাধিক যৌগ গঠন করে, তাহাকে বলা হয় গুণানুপাত সূত্র (Law of multiple proportions)।

সংজ্ঞা ঃ দুইটি মৌলের সংযোগে একাধিক যৌগ গঠিত হইলে, সেই যৌগগুলির মধ্যে একটি মৌলের ওজন যদি স্থির থাকে তাহা হইলে অপর মৌলের বিভিন্ন ওজন পরস্পরের সঙ্গে পূর্ণ সংখ্যার সরল অনুপাতে (simple numerical proportion) **বর্তমান থাকে।**

উদাহরণ ঃ (i) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের দুইটি যৌগ—জল এবং হাইড্রোজেন পারক্সাইড। জলের (H_2O) মধ্যে 1-ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় 8-ভাগ ওজনের অক্সিজেন। হাইড্রোজেন পারক্সাইডের (H_2O_2) মধ্যে 1-ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় 16-ভাগ ওজনের অক্সিজেন।

সুতরাং যৌগ দুইটির উভয়ের মধ্যে হাইড্রোজেনের ওজন 1 এবং স্থির, কিন্তু অপর মৌল অক্সিজেনের ওজন যথাক্রমে 8 ও 16। এই দুই ক্ষেত্রে অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজনের অনুপাত = 1 ঃ 2 এবং ইহা পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাত।

(ii) কার্বনের দুইটি অক্সাইডের মধ্যে কার্বন মনক্সাইড (CO) 12-ভাগ ওজনের কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয় 16-ভাগ ওজনের অক্সিজেন এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডে (CO_2) 12-ভাগ ওজনের কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয় 32 ভাগ ওজনের অক্সিজেন।

সুতরাং কার্বনের ওজন দুইটি যৌগের মধ্যে 12 এবং স্থির, পক্ষান্তরে অক্সিজেনের ওজন দুই ক্ষেত্রে যথাক্রমে 16 ও 32 অর্থাৎ যৌগ দুইটির মধ্যে অক্সিজেনের সরল অনুপাত = 1 ঃ 2.

(iii) কার্বন ও হাইড্রোজেন অনেক রকম যৌগ গঠন করে। তাহার মধ্যে মিথেন (CH_4), ইথেন (C_2H_6), অ্যাসিটিলিন (C_2H_2), ইথিলিন (C_2H_4) কয়েকটি। (কার্বনের পারমাণবিক ওজন 12 এবং হাইড্রোজেনের 1)। তাই দেখা যায় ঃ

বিভিন্ন যৌগ	কার্বনের স্থির ওজন	হাইড্রোজেনের বিভিন্ন ওজন
অ্যাসিটিলিন (C_2H_2)	12	1
ইথিলিন (C_2H_4)	12	2
ইথেন (C_2H_6)	12	3
মিথেন (CH_4)	12	4

সুতরাং এই যৌগসমূহের কার্বনের স্থির ওজন 12 এবং হাইড্রোজেনের সরল অনপাত 1 ঃ 2 ঃ 3 ঃ 4.

(iv) নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন পাঁচ রকম অক্সাইড গঠন করে, এবং এই অক্সাইডে নাইট্রোজেনের ওজনের অনুপাত :

বিভিন্ন যৌগ	নাইট্রোজেনের স্থির ওজন	অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজন
নাইট্রাস অক্সাইড—N_2O	14	8
নাইট্রিক অক্সাইড—NO	14	16
নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড—N_2O_3	14	24
নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড—N_2O_4; NO_2	14	32
নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড—N_2O_5	14	40

সুতরাং এই যৌগসমূহে নাইট্রোজেনের স্থির ওজন 14 এবং অক্সিজেনের সরল অনুপাত 1 : 2 : 3 : 4 : 5.

গুণানুপাত সূত্রের পরীক্ষালব্ধ প্রমাণ (Experimental verification of Law of multiple proportions) :

পূর্ব পরীক্ষা অনুযায়ী দুইটি পোরসেলিন কোশ (boat) লও এবং পরপর ইহাদের ওজন গ্রহণ কর। একটি কোশের নাম দাও I-নম্বর কোশ এবং দ্বিতীয়টির II-নম্বর কোশ। I-নম্বর কোশে বিশুদ্ধ কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO) প্রায় একগ্রাম পরিমাণে ওজন কর। II-নম্বর কোশে একই রকম পরিমাণে কিউপ্রাস অক্সাইড (Cu_2O) ওজন কর। দুই রকম কপার অক্সাইড-ভরা কোশ দুইটি একটি দহন নলের মধ্যে পাশাপাশি রাখ এবং দহন-নলটি বুনসেন দীপের উচ্চ তাপে উত্তপ্ত কর। নলে স্থাপিত তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস চালাও। হাইড্রোজেন কপারের অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া কপার ধাতুতে পরিণত করিবে। যথা : $CuO+H_2=Cu+H_2O$ এবং $Cu_2O+H_2=2Cu+H_2O$; যতক্ষণ পর্যন্ত কপার অক্সাইড দুইটি সম্পূর্ণরূপে কপার ধাতুতে বিজারিত না হইবে ততক্ষণ পর্যন্ত হাইড্রোজেন চালাও। তারপর দহন-নল ঠাণ্ডা করিয়া পরপর I-নম্বর ও II-নম্বর কোশের ওজন লও। প্রত্যেকটি কোশের ওজন স্থির না হওয়া পর্যন্ত বারবার কোশ দুইটি উত্তপ্ত কর ও হাইড্রোজেন চালাও। এখন নিম্নলিখিতরূপে গণনা কর :

I-নম্বর CuO-এর পরীক্ষা :

I-নম্বর কোশের ওজন	$=W_1$ গ্রাম
(I-নম্বর কোশ+CuO) এর ওজন	$=W_2$ গ্রাম
(I-নম্বর কোশ+Cu) এর ওজন	$=W_3$ গ্রাম

∴ কপারের ওজন $=(W_3-W_1)$ গ্রাম এবং অক্সিজেনের ওজন $=(W_2-W_3)$ গ্রাম

সুতরাং (W_2-W_3) গ্রাম অক্সিজেন (W_3-W_1) গ্রাম কপারের সঙ্গে যুক্ত হইয়া CuO গঠন করে।

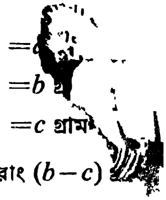
তাই, 1 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হইবে $\left(\dfrac{W_3-W_1}{W_2-W_3}\right)=x$ গ্রাম কপারের সঙ্গে।

II-এর কোশে Cu_2O-এর পরীক্ষা ঃ

II-নং কোশের ওজন $=a$ গ্রাম

(II-নং কোশ $+ Cu_2O$)-এর ওজন $=b$ গ্রাম

(II-কোশ $+ Cu$)-এর ওজন $=c$ গ্রাম



কপারের ওজন $=(c-a)$ গ্রাম এবং অক্সিজেনের ওজন $(b-c)$ গ্রাম। সুতরাং $(b-c)$ গ্রাম অক্সিজেন $(c-a)$ গ্রাম কপারের সঙ্গে যুক্ত হইয়া Cu_2O গঠন করে।

তাই, 1 গ্রাম অক্সিজেনে যুক্ত হইবে $\left(\frac{c-a}{b-c}\right)=y$ গ্রাম কপারের সঙ্গে।

উভয় পরীক্ষার ক্ষেত্রে অক্সিজেনের স্থির ওজন $=1$ গ্রাম এবং Cu-এর ওজন যথাক্রমে x ও y গ্রাম। বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যাইবে x ও y অর্থাৎ দুইটি অক্সাইডের মধ্যে কপারের অনুপাত হইবে—1 ঃ 2.

সুতরাং বলা যায়, এই পরীক্ষায় অক্সিজেনের ওজন নির্দিষ্ট $=1$

এবং কপারের ওজনদ্বয়ের সরল অনুপাত—1 ঃ 2

উদাহরণ ঃ 1. একটি ধাতুর অক্সাইড বিশ্লেষণ করিয়া শতকরা 77·78 ও 70·0 ধাতু পাওয়া যায়। গণনা করিয়া দেখাও যে এই পরীক্ষার সিদ্ধান্ত গুণানুপাত সূত্রটিকে সমর্থন করে।

প্রথম অক্সাইড 77·78% ধাতু থাকায় উহাতে আছে $100-77{\cdot}78=22{\cdot}22\%$ অক্সিজেন।

দ্বিতীয় অক্সাইডে 70% ধাতু থাকায় উহাতে আছে $100-70=30\%$ অক্সিজেন। তাহা হইলে প্রথম অক্সাইডে 30 ভাগ অক্সিজেনের সহিত

সংযুক্ত আছে $\frac{30\times 77{\cdot}78}{22{\cdot}22}=105{\cdot}01$ ভাগ ধাতু।

দ্বিতীয় অক্সাইডে আছে 30 ভাগ অক্সিজেন এবং 70 ভাগ ধাতু।

সুতরাং গুণানুপাত সূত্র অনুযায়ী 70 এবং 105·01 এরূপ সংখ্যা দুইটির সরল অনুপাত হইবে—70 : 105·01 = 2 ঃ 3 ; ∴ ইহা গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

2. একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইড আছে। অক্সাইডদ্বয়ের প্রত্যেকটি 1 গ্রাম লইয়া হাইড্রোজেন-প্রবাহে দহন করিলে 0·798 গ্রাম. ও 0·888 গ্রাম. ধাতু পাওয়া যায়। দেখাও যে পরীক্ষালব্ধ ফলগুলি গুণানুপাত সূত্রের সহিত সামঞ্জস্যপূর্ণ।

প্রথম অক্সাইডে 0·798 গ্রাম ধাতুর সহিত $(1-0{\cdot}798)=0{\cdot}202$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে।

সুতরাং, 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত $0{\cdot}798/0{\cdot}202$ গ্রাম $=3{\cdot}95$ গ্রাম ধাতু যুক্ত আছে।

দ্বিতীয় অক্সাইডে, 0·888 গ্রাম ধাতুর সহিত $(1-0{\cdot}888)=0{\cdot}112$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে।

সুতরাং, 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত $0{\cdot}888/0{\cdot}112=7{\cdot}9$ গ্রাম ধাতু যুক্ত আছে।

অতএব দুইটি অক্সাইডে নির্দিষ্ট ওজন (1 গ্রাম) অক্সিজেনের সহিত যুক্ত ধাতুর ওজনের অনু... 3·95 : 7·9=1 : 2.

... একটি সরল অনুপা... সুতরাং, ইহা গুণানুপাত সূত্রের সমর্থক।

3. লৌহের ফেরাস অক্সাইড ও ফেরিক অক্সাইড নামে দুইটি অক্সাইড আছে। ফেরাস অক্সাইড ও ফেরিক অক্সাইডে যথাক্রমে 22·2% ও 30% অক্সিজেন আছে। প্রমাণ কর যে উপরোক্ত উপাত্তগুলি গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

(*a*) ফেরাস অক্সাইডে অক্সিজেনের শতকরা ভাগ 22·2; সুতরাং লোহার শতকরা ভাগ (100−22·2)=77·8. সুতরাং, ফেরাস অক্সাইডে

22·2 ভাগ অক্সিজেনের সহিত 77·8 ভাগ লোহা যুক্ত আছে

∴ 1 „ „ $\frac{77·8}{22·2}$=3·504 „ „

(*b*) ফেরিক অক্সাইডে অক্সিজেনের শতকরা ভাগ 30, সুতরাং লোহার শতকরা ভাগ (100−30)=70. সুতরাং, ফেরিক অক্সাইডে

30 ভাগ অক্সিজেনের সহিত 70 ভাগ লোহা যুক্ত আছে

∴ 1 „ „ „ $\frac{70}{30}$=2·333 „ „

অতএব দুইটি অক্সাইডে 1 ভাগ অক্সিজেনের সহিত যথাক্রমে 3·504 এবং 2·333 ভাগ লোহা যুক্ত আছে।

এই দুইটি ওজন 3·504 ভাগ ও 2·333 ভাগকে 1·166 দ্বারা ভাগ করিলে উহাদের অনুপাত (পরীক্ষাগত সামান্য ভুল উপেক্ষা করিলে) 3 : 2 পাওয়া যায়। উহা সরল অনুপাত।

সুতরাং প্রদত্ত তথ্যগুলি গুণানু... প্রমাণিত করে।

4. 0·159 গ্রাম কপারের ...লো-অক্সাইড... বর্ন দ্বারা বিজারিত করিয়া 0·127 গ্রাম কপার পাওয়া যায়। আবার, 0·14... গ্রাম কপারের লাল আক্সইডকেও অনুরূপভাবে বিজারিত করিয়া সমপরিমাণ কপার পাওয়া য... প্রমাণ কর যে আলোচ্যক্ষেত্রে গুণানুপাত সূত্রের বিধান সম্যক প্রতিপালিত হইতেছে।

(a) কা...া অক্সাইডের ওজন=...0·159 গ্রাম

...রের ওজন=0·127 গ্রাম

সুতরাং অক্সিজেনের ওজন=0·032 গ্রাম

(b) লাল অক্সাইডের ওজন=0·143 গ্রাম

প্রাপ্ত কপারের ওজন=0·127 গ্রাম

সুতরাং অক্সিজেনের ওজন=0·016 গ্রাম

সুতরাং 0·127 গ্রাম (নির্দিষ্ট ওজন) কপারের সহিত দুইটি অক্সাইডে যথাক্রমে 0·032 গ্রাম ও 0·016 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে।

এই ওজনগুলির মধ্যে সরল অনুপাত 0·032 : 0·016 অথবা 2 : 1 রহিয়াছে।

সুতরাং প্রশ্নে প্রদত্ত ফলগুলির ও গুণানুপাত সূত্রের মধ্যে সামঞ্জস্য প্রমাণিত হইল।

5. একটি ধাতুর তিনটি অক্সাইডে যথাক্রমে 76·47% 68·42% ও 52% ধাতু আছে। প্রমাণ কর যে ইহা গুণানুপাত সূত্রের সহিত সামঞ্জস্যপূর্ণ।

প্রথম অক্সাইডে 76·47 ভাগ ধাতু, 100—76·47=23·53 ভাগ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত।
দ্বিতীয় অক্সাইডে 68·42 ভাগ ধাতু, 100 – 68·42=31·58 ভাগ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত।
তৃতীয় অক্সাইডে 52 ভাগ ধাতু, 100 – 52=48 ভাগ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত।
সুতরাং, 100 ভাগ ধাতুর সহিত—

(i) প্রথম অক্সাইডে : $\frac{100\times23\cdot53}{76\cdot47}=30\cdot77$ ভাগ অক্সিজেন

(ii) দ্বিতীয় অক্সাইডে : $\frac{100\times31\cdot58}{68\cdot42}=46\cdot15$ ভাগ অক্সিজেন এবং,

(iii) তৃতীয় অক্সাইডে : $\frac{100\times48}{52}=92\cdot30$ ভাগ অক্সিজেন যুক্ত আছে।

এই তিনটি সংখ্যার অনুপাত=30·77 : 46·15 : 92·30

=1 : 1·5 : 3=2 : 3 : 6 ইহা একটি সরল অনুপাত।

অতএব, ইহা গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

6. কার্বনের দুইটি গ্যাসীয় হাইড্রাইড যৌগে যথাক্রমে 75% ও 80% কার্বন আছে। দেখাও যে, যৌগ দুইটির সংযুতি গুণানুপাত সূত্রের সহিত সামঞ্জস্যপূর্ণ।

প্রথম গ্যাসীয় হাইড্রাইডে 75 ভাগ কার্বন, 100 – 75=25 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত আছে। সুতরাং, 1 ভাগ কার্বন 25÷75=$\frac{1}{3}$ ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত আছে।

দ্বিতীয় হাইড্রাইডে 80 ভাগ কার্বন, 100 – 80=20 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত আছে। সুতরাং, 1 ভাগ কার্বন 20÷80=$\frac{1}{4}$ ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত যক্ত আছে।

অতএব, একই পরিমাণ কার্বনের সহিত হাইড্রাইড দুইটিতে যথাক্রমে $\frac{1}{3}$ ও $\frac{1}{4}$ পরিমাণ হাইড্রোজেন যুক্ত আছে। ইহাদের অনুপাত=$\frac{1}{3}$: $\frac{1}{4}$=4 : 3 এবং ইহা একটি সরল অনুপাত। ইহাতে গুণানুপাত সূত্র প্রমাণিত হয়।

7. একটি ধাতুর দুইটি ক্লোরাইডে যথাক্রমে 35·9% ও 52·8% ক্লোরিন আছে। দেখাও যে ইহা গুণানুপাত সূত্রকে, প্রমাণিত করে।

প্রথম ক্লোরাইডে 35·9 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত 100 – 35·9=64·1 ভাগ ওজনের ধাতু সংযুক্ত আছে। সুতরাং, 1 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত 64·1÷35·9=1·785 ভাগ ওজনের ধাতু যুক্ত আছে।

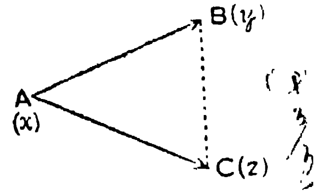
দ্বিতীয় ক্লোরাইডে 52·8 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত 100 – 52·8=47·2 ভাগ ওজনের ধাতু যুক্ত আছে। সুতরাং, 1 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সঙ্গে 47·2÷52·8=0·8939 ভাগ ওজনের ধাতু যুক্ত আছে।

1·785 ও 0·8939 এই ওজন দুইটির অনুপাত = 1·785 ঃ 0·8939 = 2 ঃ 1. ইহা একটি সরল অনুপাত এবং ইহাতে গুণানুপাত সূত্র প্রমাণিত হইল।

4. মিথোনুপাত সূত্র (Law of reciprocal proportions) ঃ 1792 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী **রিকটার** মিথোনুপাত সূত্র প্রথম রচনা করেন। দুইটি মৌল কি পরিমাণে পরস্পরে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে, এই সূত্রটি তাহা নির্দেশ করে বলিয়া ইহাকে **যোজনভার সূত্রও** (Law of combining weights) বলা হয়। যোজনভার ও তুল্যাংকভারের একই তাৎপর্য। সুতরাং বলা যায়, **বিভিন্ন মৌল তুল্যাংকভার পরিমাণে পরস্পরে মিলিত হইয়া যৌগ গঠন করে। সেইজন্য এই সূত্রটিকে তুল্যাংকভার সূত্রও** (Law of equivalent weights) **বলা হয়।** [তুল্যাংকভার অধ্যয়নের পরে এই সাদৃশ্য সহজবোধ্য হইবে]

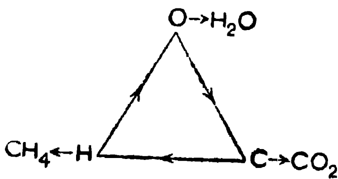
সংজ্ঞা ঃ পৃথকভাবে দুইটি বা তাহার বেশী মৌল নির্দিষ্ট ওজনের অন্য কোন মৌলের সঙ্গে যেই যেই ওজনে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে, সেই মৌলগুলি পরস্পরে যৌগ গঠনে সক্ষম হইলে ঠিক সেই সেই ওজনে অথবা এরূপ ওজনের সরল গুণিতকের (simple multiples) **অনুপাতে পরস্পরে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে।**

মনে কর, দুইটি মৌল B ও C পৃথক ভাবে অন্য একটি মৌল A-র সঙ্গে যুক্ত হইয়া AB ও AC গঠন করে। আরও মনে কর, A-র ওজন x-গ্রাম, B-র ওজন y-গ্রাম এবং C-র ওজন z-গ্রাম। সুতরাং, y-গ্রাম B এবং z-গ্রাম C একই নির্দিষ্ট ওজনে x-গ্রাম A-এর সঙ্গে যুক্ত হয়। সূত্র অনুযায়ী B ও C যখন পরস্পরে যুক্ত হইয়া BC যৌগ গঠন করে তখন y-গ্রাম B যুক্ত হয় z-গ্রাম C-এর সঙ্গে;



অথবা $n \times y$ গ্রাম B যুক্ত হয় $m \times z$ গ্রাম C-র সঙ্গে। [শেষোক্ত ক্ষেত্রে n ও m দুইটি সরল সংখ্যা] অর্থাৎ, সূত্র অনুযায়ী B ও C মৌলের ওজনের অনুপাত হইবে B ঃ C = $y : z$, অথবা $n \times y : m \times z$.

উদাহরণ ঃ 1. মৌল হাইড্রোজেন (H), অক্সিজেন (O) এবং কার্বন (C) পরস্পরে সংযুক্ত হইয়া জল (H_2O), কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) এবং মিথেন অণু (CH_4) গঠন করে।



এই মৌল তিনটি কিরূপ ওজনে পরস্পরে মিলিত হয় তাহা বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় ঃ

(i) 2 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া গঠন করে জল অণু (H_2O); অথবা, 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন (H) 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের (O) সঙ্গে যুক্ত হইয়া গঠন করে জল অণু;

(ii) 12 ভাগ ওজনের কার্বন 32 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া গঠন করে কার্বন ডাই-অক্সাইড অণু (CO_2); অথবা, 3 ভাগ ওজনের কার্বন (C) 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের (O) সঙ্গে যুক্ত হইয়া গঠন করে কার্বন ডাই-অক্সাইড অণু;

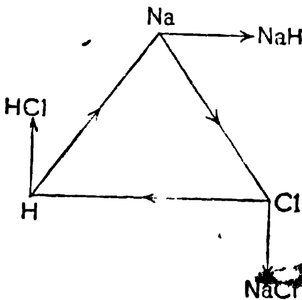
(iii) আবার, 4 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন 12 ভাগ ওজনের কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া গঠন করে মিথেন অণু (CH_4); অথবা, 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন (H) 3 ভাগ ওজনের কার্বনের (C) সঙ্গে যুক্ত হইয়া গঠন করে মিথেন অণু।

উপরের বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের ওজনের বিশ্লেষণে, দেখা যায়ঃ

(ক) 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনকে **নির্দিষ্ট** ধরা হইলে দেখা যায় 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত হইয়া গঠন করে জল অণু (H_2O) এবং 3 ভাগ ওজনের কার্বন গঠন করে মিথেন অণু (CH_4)। সুতরাং সূত্র অনুযায়ী 3 ভাগ ওজনের কার্বন 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যৌগ গঠন করিবে। যথার্থই দেখা যায়, কার্বন ডাই-অক্সাইড যৌগে (CO_2) কার্বন ও অক্সিজেনের অনুপাত C ঃ O=3 ঃ 8.

(খ) 3 ভাগ ওজনের কার্বনকে **নির্দিষ্ট** ধরা হইলে 3 ভাগ ওজনের কার্বনের সঙ্গে 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া মিথেন (CH_4) অণু এবং 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) অণু গঠন করে। সুতরাং সূত্র অনুযায়ী 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যৌগ গঠন করিবে। জলের অণুতে (H_2O) যথার্থই দেখা যায় যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত (H ঃ O=1 ঃ 8

(গ) 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনকে **নির্দিষ্ট** ধরা হইলে ইহার সঙ্গে 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া জল অণু (H_2O) এবং 3 ভাগ ওজনের কার্বন যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড অণু (CO_2) গঠন করে। সুতরাং সূত্র অনুযায়ী 3 ভাগ কার্বন ও 1 ভাগ হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করিবে। মিথেন যৌগে (CH_4) যথার্থই দেখা যায় যে কার্বন ও হাইড্রোজেনের অনুপাত C ঃ H=3 ঃ 1.



2. মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেন (H), সোডিয়াম (Na) এবং ক্লোরিন (Cl) পরস্পর যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl), সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) এবং সোডিয়াম হাইড্রাইড (NaH) যৌগ গঠন করে। পর পর হাইড্রোজেন, সোডিয়াম ও ক্লোরিনকে নির্দিষ্ট ওজনের মৌল ধরিয়া কিভাবে বিভিন্ন যৌগ গঠনে মিথোনুপাত সূত্র প্রমাণ করা যায় তাহা দেখানো হইল।

নির্দিষ্ট ওজনের মৌল	**মৌলের একাধিক যৌগ গঠন**
(ক) হাইড্রোজেন (1ভাগ ওজন)	হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl) সোডিয়াম হাইড্রাইড (NaH)

মৌলের তৌলিক অনুপাত

$H : Cl = 1 : 35{\cdot}5$

$H : Na = 1 : 23$

সম্ভাব্য যৌগে মৌলের অনুপাত

$Na : Cl = 23 : 35{\cdot}5$

সোডিয়াম ও ক্লোরিনের যৌগ সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) বিশ্লেষণে যথার্থই দেখা যায় যে, সোডিয়াম ও ক্লোরিনের তৌলিক অনুপাত $Na : Cl = 23 : 35{\cdot}5$.

(খ) **সোডিয়াম**
(23ভাগ ওজন)

সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl)
সোডিয়াম হাইড্রোইড (NaH)

মৌলের তৌলিক অনুপাত

$Na : Cl = 23 : 35{\cdot}5$

$Na : H = 23 : 1$

সম্ভাব্য যৌগে মৌলের অনুপাত

$H : Cl = 1 : 35.5$

হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের যৌগ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl) বিশ্লেষণে যথার্থই দেখা যায় যে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের তৌলিক অনুপাত $H : Cl = 1 : 35{\cdot}5$.

(গ) **ক্লোরিন**
(35·5 ভাগ ওজন)

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl)
সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl)

মৌলের তৌলিক অনুপাত

$H : Cl = 1 : 35{\cdot}5$

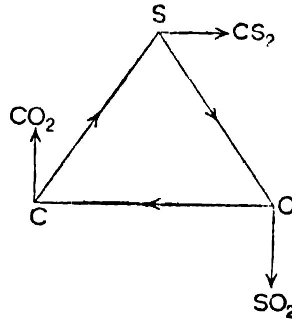
$Na : Cl = 23 : 35{\cdot}5$

সম্ভাব্য যৌগে মৌলের অনুপাত

$Na : H = 23 : 1$

সোডিয়াম ও হাইড্রোজেন যৌগ সোডিয়াম হাইড্রাইড (NaH) বিশ্লেষণে যথার্থই দেখা যায় যে সোডিয়াম ও হাইড্রোজেনের তৌলিক অনুপাত $Na : H = 23 : 1$

3. কার্বন (C), সালফার (S) এবং অক্সিজেন (O) পরস্পরযুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-সালফাইড (CS_2); কার্বন (CO_2) এবং সালফার ডাই- গঠন করে। পরস্পর



অক্সিজেনকে নির্দিষ্ট ওজনের মৌল ধরিয়া কিভাবে বিভিন্ন যৌগ গঠনে মিথোনুপাত সূত্র প্রমাণ করা যায় নীচে তাহা দেখান হইল :

নির্দিষ্ট ওজনের মৌল

(ক) **কার্বন**
(8 ভাগ ওজন)

একাধিক যৌগ গঠন

কার্বন ডাই সালফাইড (CS_2)
কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2)

মৌলের তৌলিক অনুপাত

$C : S = 3 : 16$

$C : O = 3 : 8$

সম্ভাব্য যৌগে মৌলের অনুপাত

$S : O = 16 : 8$

সালফার ও অক্সিজেনের যৌগ সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) বিশ্লেষণে দেখা যায় যে সালফার ও অক্সিজেনের তৌলিক অনুপাত S : O=8 : 8; এইরূপ অনুপাতকে অন্যভাবে লিখলে S : O=8 : 8 বা 16 : 16 বা 16 : 2×8; এখানে 2 একটি সরল গুণিতক (simple multiple)।

নির্দিষ্ট ওজনের মৌল	মৌলের একাধিক যৌগ গঠন
(খ) অক্সিজেন	কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2)
(8 ভাগ ওজন)	সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2)
মৌলের তৌলিক অনুপাত	**সম্ভাব্য যৌগে মৌলের অনুপাত**
C : O=3 : 8	C : S=3 : 8
S : O=8 : 8	

কার্বন ও সালফারের যৌগ কার্বন ডাই-সালফাইড (CS_2) বিশ্লেষণে দেখা যায়, কার্বন ও সালফারের তৌলিক অনুপাত C : S=3 : 16 অর্থাৎ C : S=3 : (2)×8 : এখানে 2 সালফারের ওজনের একটি সরল গুণিতক।

নির্দিষ্ট ওজনের মৌল	মৌলের একাধিক যৌগ গঠন
(গ) সালফার	কার্বন ডাই-সালফাইড (CS_2)
(16 ভাগ ওজন)	সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2)
মৌলের তৌলিক অনুপাত	**সম্ভাব্য যৌগে মৌলের অনুপাত**
C : S=3 : 16	C : O=3 : 16
O : S=16 : 16	অথবা C : O=3 : 2×8

কার্বন ও অক্সিজেনের যৌগ কার্বন ডাই-অক্সাইডের (CO_2) বিশ্লেষণে দেখা যায় কার্বন ও অক্সিজেনের তৌলিক অনুপাত C : O=3 : 8; এরূপ অনুপাতকে সম্ভাব্য যৌগ অনুযায়ী লিখিলে C : O=3 : 8=6 : 16=(2)×3 : 16 এখানে 2 কার্বনের ওজনের একটি সরল গুণিতক।

4. হাইড্রোজেন (H) মৌলটি অক্সিজেন (O), কার্বন (C), সালফার (S), ক্লোরিন (Cl), সোডিয়াম (Na), ক্যালসিয়াম (Ca), ইত্যাদি মৌলের সঙ্গে বিভিন্ন যৌগ গঠন করে। এই যৌগগুলি বিশ্লেষণে দেখা যায়:

হাইড্রোজেনের যৌগ	যৌগে মৌলের তৌলিক অনুপাত	হাইড্রোজেনের নির্দিষ্ট ওজন
জল (H_2O)	H : O=1 : 8	1
মিথেন (CH_4)	H : C=1 : 3	1
হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S)	H : S=1 : 16	1
হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl)	H : Cl=1 : 35·5	1
সোডিয়াম হাইড্রাইড (NaH)	H : Na=1 : 23	1
ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড (CaH_2)	H : Ca=1 : 20	1

অক্সিজেন, কার্বন, সালফার, ক্লোরিন, সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম ইত্যাদি মৌলগুলি নির্দিষ্ট 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যৌগ গঠন করে যথাক্রমে 8,3,16,35·5, 23, এবং 20 ভাগ ওজনের অনুপাতে। সুতরাং মিথোনুপাত সূত্র অনুযায়ী এই মৌলগুলি যদি পরস্পরে যৌগ গঠনে সক্ষম হয় তাহা হইলে যে ওজনের অনুপাতে ইহারা হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় ঠিক সেই ওজনের অনুপাতে অথবা ইহাদের গুণিতকের অনুপাতে পরস্পরে যৌগ গঠন করিবে। নিম্নলিখিত যৌগগুলি বিশ্লেষণে ইহাই প্রমাণিত হয়। যথা :

মৌল গুলির বিভিন্ন যৌগ	যৌগে মৌলের তৌলিক অনুপাত	যৌগে মৌলের গুণিতক অনুপাত
কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2)	C : O=3 : 8	..
কার্বন ডাই-সালফাইড (CS_2)	C : S=3 : 16	..
সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2)	S : O=16 : 16	16 : (2)×8
সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl)	Na : Cl=23 : 35·5	..
ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$)	Ca : Cl=20 : 35·5	..
ক্যালসিয়াম সালফাইড (CaS)	Ca : S=20 : 16	..
ক্যালসিয়াম অক্সাইড (CaO)	Ca : O=20 : 8	..
সোডিয়াম অক্সাইড(Na_2O)	Na : O=23 : 8	..

উদাহরণ : নিম্ন-নির্ণীত অনুপাতগুলি হইতে দেখাও যে ইহারা মিথোনুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

মার্স-গ্যাস	কার্বন ডাই-অক্সাইড	জল
C=75%	C=42·86%	H=11·11%
H=25%	O=57·14%	O=88·89%

মার্স গ্যাসের সংযুতি হইতে আমরা পাই—

75 ভাগ কার্বন 25 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হয়।

অথবা 1 ,, ,, $\frac{25}{75}$ = 0·33 ভাগ ,, ,, ,, ,,

আবার কার্বন ডাই-অক্সাইডের সংযুতি হইতে আমরা পাই

42·86 ভাগ কার্বন 57·14 ভাগ অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হয়।

অথবা, 1 ,, ,, $\frac{57·14}{42·86}$ = 1·33 ,, ,,

সুতরাং 1 ভাগ (নির্দিষ্ট ওজন) কার্বনের সহিত H_2 ও O_2-এর যথাক্রমে 0·33 ভাগ এবং 1·33 ভাগ সংযুক্ত হয়। এই ওজন দুইটির অনুপাত 0·33 : 1·33 বা 1 : 4 জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত 11·11 : 88·89 বা 1 : 8; 8 সংখ্যাটি 4 সংখ্যার দ্বিগুণ (সরল গুণিতক)। ইহা মিথোনুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

2. (*a*) গন্ধক উহার সম-ওজনের অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী করে। (*b*) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনে 5·9% হাইড্রোজেন আছে। (*c*) জলে 88.89% অক্সিজেন আছে। দেখাও যে, উপরোক্ত বক্তব্যগুলি মিথোনুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

(*a*) 1 গ্রাম সালফারের সহিত 1 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয়।

(*b*) $100-5\cdot9=94\cdot1$ গ্রাম সালফারের সহিত 5·9 গ্রাম হাইড্রোজেন যুক্ত হয়।

অথবা 1 গ্রাম সালফারের সহিত $\frac{5\cdot9}{94\cdot1}=0.063$ গ্রাম হাইড্রোজেন যুক্ত হয়। সুতরাং 1 গ্রাম (নির্দিষ্ট ওজন) সালফারের সহিত পৃথক ভাবে O_2 এবং H_2-এর যথাক্রমে 1 গ্রাম ও 0·063 গ্রাম সংযুক্ত হয়। এই ওজন দুইটির অনুপাত 1 : 0·063 অথবা 16 : 1.

কিন্তু (*c*) অনুযায়ী জলে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের অনুপাত 88·89:11·11 অথবা 8:1.

এখন 16 সংখ্যাটি 8 সংখ্যার দ্বিগুণ (সরল গুণিতক) সুতরাং, ইহা মিথোনুপাত সূত্র সমর্থন করে।

প্রশ্ন

1. স্থিরানুপাত সূত্র ও গুণানুপাত সূত্র বিবৃত কর। উপযুক্ত উদাহরণ সাহায্যে উহাদিগকে বুঝাইয়া দাও। [H. S. Exam. (Comp) 1960]

2. পদার্থের নিত্যতা সূত্র বিবৃত কর। (a) লোহার মরিচা ধরায় (b) কয়লার দহনে এবং (c) কর্পূরের উদ্বায়িতায়—প্রত্যেকটির একটি করিয়া পরীক্ষার সাহায্যে ঐ সূত্রের প্রযোজ্যতা প্রমাণ কর। [H.S. Exam. 1962]

3. স্থিরানুপাত সূত্রটি বিবৃত কর। দেওয়া আছে যে (a) কোন ধাতু 0·12 গ্রাম বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে 0·20 গ্রাম অক্সাইড উৎপন্ন করে; (b) ঐ ধাতুর কার্বনেট ও নাইট্রেটের যথাক্রমে 28·5% এবং 16·2% ধাতু বর্তমান। উল্লিখিত কার্বনেট ও নাইট্রেটের প্রতেকটির এক গ্রাম লইয়া উত্তপ্ত করিলে কত ওজনের অক্সাইড পাওয়া যাইবে, ঐ সূত্রের সাহায্যে তাহা নির্ণয় কর। [H.S. Exam. 1963]

4. A ও B মৌলদ্বয় দ্বারা গঠিত তিনটি যৌগে যথাক্রমে 25% 14·28% ও 7·69% B আছে। দেখাও যে, যৌগগুলির সংযুতি গুণানুপাত সূত্রকে প্রতিপন্ন করে।

5. রাসায়নিক সংযোগের ওজনগত তিনটি সূত্র এবং আয়তনগত একটি সূত্র উল্লেখ কর ও উদাহরণ দাও। কার্বনের দুইটি গ্যাসীয় হাইড্রাইডে যথাক্রমে 75% ও 80% কার্বন আছে। সংযুতিদ্বয়ের সহিত গুণানুপাত সূত্রের সঙ্গতি প্রমাণ কর। [H.S. Exam. 1964]

6. একটি উদাহরণ-সহ গুণানুপাত সূত্রটি বিবৃত কর। কোন একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইড বর্তমান। উহাদের প্রত্যেকের এক গ্রাম করিয়া লইয়া হাইড্রোজেন প্রবাহের মধ্যে উত্তপ্ত করিলে 0·798 এবং 0·888 গ্রাম ধাতু পাওয়া যায়। গুণানুপাত সূত্রের সহিত এই পরিলক্ষিত ফলগুলির মিল আছে—ইহা দেখাও।

[Engineering Degree Entrance Exam. 1964]

7. গুণানুপাত সূত্রটি বিবৃত কর। এই সূত্রের প্রমাণ হিসাবে দুইটি উদাহরণের উল্লেখ কর। কোন একটি ধাতুর দুইটি ক্লোরাইডে যথাক্রমে 35·9% ও 52·8% ক্লোরিন আছে। ঐ সূত্রের সহিত এই ফলগুলির সঙ্গতি প্রদর্শন কর। [H.S. Exam. (Comp) 1966]

8. লেডের কয়েকটি অক্সাইডকে হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রবাহে উত্তপ্ত করার ফলে নিম্নলিখিত পরিবর্তন দেখা গেল। প্রমাণ কর যে, এগুলি গুণানুপাত সূত্রের সমর্থক।

(a) 1·393 গ্রাম লিথার্জ 1·293 গ্রাম লেড উৎপাদন করে। (b) 2·173 গ্রাম লেড পারক্সাইড 1·882 গ্রাম লেড উৎপাদন করে। (c) 1·712 গ্রাম রেড লেড 1·552 গ্রাম লেড উৎপাদন করে।

9. 11 গ্রাম কপারকে নাইট্রিক অ্যাসিডে সম্পূর্ণ দ্রবীভূত করিয়া উত্তাপের সাহায্যে 1·25 গ্রাম CuO পাওয়া গেল। 1 গ্রাম Cu_2O-কে হাইড্রোজেনের প্রবাহে উত্তপ্ত করায় 0·888 গ্রাম কপার পাওয়া গেল। দেখাও যে, পরীক্ষার ফলগুলি গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

10. একটি ধাতুর তিনটি অক্সাইডে যথাক্রমে 92·82%, 90·61% ও 86·56% ধাতুটি আছে। এই ফলগুলি গুণানুপাত সূত্রের বক্তব্য সমর্থন করে কি না তাহা গণনা করিয়া দেখাও।

11. নাইট্রোজেনের একটি অক্সাইডের 11 গ্রাম প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 5·6 লিটার নাইট্রোজেন দেয়। নাইট্রোজেনের অপর একটি অক্সাইডের 15 গ্রাম এই অবস্থায় একই পরিমাণ নাইট্রোজেন দেয়। দেখাও যে, উপরোক্ত পরীক্ষালব্ধ ফলগুলি গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

12. সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনে 94·1% গন্ধক আছে; জলে 11·2% হাইড্রোজেন আছে ও সালফার ডাইঅক্সাইডে 50% অক্সিজেন আছে। গণনা করিয়া দেখাও যে উপরোক্ত ফলাফলগুলি কোন একটি রাসায়নিক সংযোগসূত্রের সহিত সামঞ্জস্যপূর্ণ।

13. মিথোনুপাতিক সূত্রটির সংজ্ঞা বর্ণনা কর। দুইটি উদাহরণ দ্বারা এই সূত্রটিকে ব্যাখ্যা কর। এই সূত্রটিকে তুল্যাংকভার সূত্র বলা হয় কেন? তিনটি উদাহরণসহ তাহা ব্যাখ্যা কর।

[তুল্যাংকভার পঠনের পরে অনুধাব্য হইবে]

14. PH_3তে 91·1% P এবং 8·9%H আছে, জলে 88·8% O এবং 11·2% H আছে এবং P_4O_6-তে 56·4% P এবং 43·6% O আছে। দেখাও যে উহারা মিথোনুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

15. গ্যাস আয়তনিক সূত্র বিবৃত কর ও উহার প্রয়োজনীয়তা সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

16. গ্যাস আয়তনিক সূত্র বিবৃত কর, উদাহরণ দ্বারা সূত্রটি ব্যাখ্যা কর। 100 সি.সি. হাইড্রোজেন ও 150 সি. সি. ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় কত পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হইবে, কতটা ক্লোরিন উদ্বৃত্ত থাকিবে?

17. ম্যাঙ্গানীজের তিনটি অক্সাইডে যথাক্রমে 22·5%, 33·3% ও 36·9% অক্সিজেন আছে। প্রমাণ কর যে ইহা গুণানুপাত সূত্রের সহিত সামঞ্জস্যপূর্ণ।

18. 42·80%, 49·94% ও 63·56% অক্সিজেন যথাক্রমে তিনটি অক্সাইডে আছে. এরূপ তিনটি অক্সাইড কোন মৌলের হইতে পারে কী? (মৌলটির 32 গ্রাম স্থির ওজন লও)।

19. কপার সালফাইডে 33·5% গন্ধক আছে, কপার অক্সাইডে 79·9% কপার আছে ও সালফার ট্রাই-অক্সাইডে 40·1% গন্ধক আছে। দেখাও যে এই ফলগুলি গুণানুপাত সূত্রের সহিত সামঞ্জস্যপূর্ণ।

20. 5·58 গ্রাম সমুদ্র-জল হইতে 0·62 গ্রাম হাইড্রোজেন ও 1·89গ্রাম বৃষ্টির জল হইতে 1·68 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায়। আবার, 1·25 গ্রাম বিশুদ্ধ হাইড্রোজেনকে পর্যাপ্ত পরিমাণ বায়ুতে দহন করিলে 11·24 গ্রাম জল উৎপন্ন হয়। এই ফলাফলগুলিতে কি কোন রাসায়নিক সংযোগসূত্র প্রতিপন্ন হয়? যদি না হয়, তবে কেন হয় না বল।

5 ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্ব
(Atomic Theory of Dalton)

ভারতীয় ঋষি কণাদ এবং গ্রীক চিন্তাবিদ ডিমোক্রিটাসের পরমাণুর দার্শনিক কল্পনাকে আধুনিককালে বৈজ্ঞানিক কণাবাদরূপে (Corpuscular theory) পুনরুজ্জীবিত করেন আইরিশ বিজ্ঞানী রবার্ট বয়েল এবং বৃটিশ বিজ্ঞানী আইজ্যাক নিউটন। এই কণাবাদকে পদার্থের অন্তিম স্বরূপ নির্ণয়ের প্রচেষ্টার একটি বৈজ্ঞানিক তত্ত্ব বা থিয়োরীরূপে প্রতিষ্ঠিত করেন বৃটিশ বিজ্ঞানী ডালটন 1808 খৃষ্টাব্দে। ইহা ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্ব (Dalton's Atomic Theory) নামে পরিচিত। বস্তুত, ডালটনের এই তত্ত্বটি অ্যালকেমিস্ট বা তান্ত্রিক যুগ পার করিয়া রসায়ন বিজ্ঞানকে আধুনিক অধ্যায়ে পৌঁছাইয়া দেয়। তাই, ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্ব আধুনিক রসায়নের ভিত্তি স্বরূপ বলিয়া গণ্য।

ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্ব ঃ এই তত্ত্বটি বলে ঃ (i) পদার্থ মাত্রই মৌল দ্বারা গঠিত এবং এই মৌলগুলি গঠিত ক্ষুদ্রতম অবিভাজ্য পদার্থ কণা দ্বারা। মৌলের এরূপ ক্ষুদ্রতম কণাকে বলা হয় পরমাণু (atom)।

(ii) একই রকম মৌলের পরমাণুগুলি ওজনে এবং সর্বপ্রকার ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে অভিন্ন অর্থাৎ একরকম।

(iii) বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলি ওজনে এবং ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে পরস্পর হইতে বিভিন্ন, অর্থাৎ প্রত্যেক মৌলের পৃথক ওজন এবং স্বতন্ত্র ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বর্তমান।

(iv) বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলি পূর্ণ সংখ্যার সরল অনুপাতে পরস্পরে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে। এরূপ সরল অনুপাতে 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, 2 : 3 ইত্যাদি।

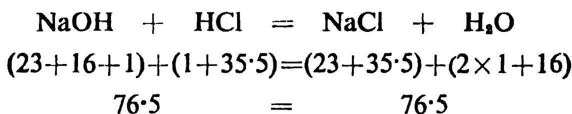
(v) কোন মৌলের পরমাণু ধ্বংস বা সৃষ্টি করা যায় না তথা ভাঙা বা গড়া যায় না ; অর্থাৎ পদার্থ তথা মৌলের পরমাণু মাত্রেই অবিনাশী।

পরমাণুবাদের অবদান ঃ ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্ব বা থিয়োরী এক সময়ে বৈজ্ঞানিক কল্পনা [illegible] (i) কিন্তু পরবর্তী গবেষণায়, পরমাণুর অস্তিত্ব পরীক্ষালব্ধ বাস্তব সত্য বলিয়া প্রমাণিত হয়। [illegible] খৃষ্টাব্দে ইলেকট্রনিক মাইক্রোস্কোপের সাহায্যে টাংস্টেন মৌলের পরমাণুর চিত্র সংগ্রহ করা সম্ভব হইয়াছে। (ii) রাসায়নিক সংযোগ সূত্রগুলি ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্ব দ্বারা ব্যাখ্যা ও প্রমাণ [illegible] (iii) এই তত্ত্ব অনুযায়ী বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের ক্ষেত্র প্রস্তুত হয় এবং এরূপ পারমাণবিক ওজনের সাহায্যে রাসায়নিক গণনার (chemical calculation) কার্যকরী পদ্ধতি প্রবর্তন করা সম্ভব হয়। যদিও পরবর্তী সময়ে ডালটন কর্তৃক নির্ণীত অনেক পারমাণবিক ওজনই সংশোধন করার প্রয়োজন হয়। (iv) ডালটনের পারমাণবিকবাদ পদার্থের মূল স্বরূপ সন্ধানে আধুনিক নিউক্লিয়ার বিজ্ঞানের (nuclear science) ক্ষেত্রে প্রগতি সাধনের পথ প্রশস্ত করে।

5·1. ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্বের সাহায্যে রাসায়নিক সংযোগ সূত্রের ব্যাখ্যা (Verification of Laws of Chemical Combination by Dalton's Atomic Theory)

(1) **ভরসংরক্ষণ সূত্র** (Laws of Conservation of mass) ঃ কোন রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে বিকারক পদার্থের একরকম বা একাধিক বিভিন্ন অণুর (molecule) পরমাণুগুলি পুনর্গঠিত হইয়া ভিন্নধর্মী নতুন একরকম অণু বা ভিন্নধর্মী বিভিন্ন অণু সমূহ গঠন করে। যেহেতু ডালটনের তত্ত্ব অনুযায়ী পরমাণু অবিভাজ্য ও অবিনাশী,—এক রকম অণুর কাঠামো ভাঙ্গিয়া ভিন্ন রকম অণুর কাঠামোর মধ্যে পুনর্বিন্যাসের ফলে বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলির সংখ্যার বা ইহাদের পৃথক বা মোট ওজনের কোন হ্রাস বৃদ্ধি হয় না। তাই, বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ অণুগুলির ওজন সমান থাকে এবং এইভাবে ভর সংরক্ষণ সূত্র প্রমাণিত হয়।

উদাহরণ ঃ



$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$
$$(23+16+1)+(1+35{\cdot}5)=(23+35{\cdot}5)+(2\times1+16)$$
$$76{\cdot}5 = 76{\cdot}5$$

(2) **স্থিরানুপাত সূত্র** (Law of definite Proportion) ঃ মনে কর, X এর Y মৌলের $X_x Y_y$ যৌগটি x ও y সংখ্যক পরমাণুর সংযোগে গঠিত হয়। আরও ধরা যাক যে একটি X-পরমাণুর ওজন—a এবং Y-পরমাণুর ওজন—b; সুতরাং,—

$X_x Y_y$ অণুর মধ্যে একটি X-পরমাণুর ওজন $=ax$

$X_x Y_y$ .. .. .. Y-পরমাণুর ওজন $=by$

$\therefore$ একটি $X_x Y_y$ অণুর ওজন $=(ax+by)$

সুতরাং $X_x Y_y$ যৌগে X_x এবং Y_y পরমাণুদ্বয়ের তৌলিক অনুপাতে (ratio by weight) ঃ

$$X : Y = \frac{ax}{(ax+by)} : \frac{by}{(ax+by)} = \frac{ax}{by} = \text{নিত্যসংখ্যা (constant)}$$

যেহেতু x, y, a, b—এই সংখ্যাগুলি সরল পূর্ণ সংখ্যা,—সেজন্য ইহাদের গুণফলও পূর্ণ সংখ্যা হইবে। সুতরাং ডালটনের তত্ত্ব অনুযায়ী ... y—নির্দিষ্ট ও সরল তৌলিক অনুপাত বহন করিয়া একথা প্রমাণ ... সর্বদা উপাদানের স্থির অনুপাতে গঠিত হয়।

(3) **গুণানুপাত সূত্র** (Law of Multiple proportion) ঃ মনে কর X এবং Y মৌল বিভিন্ন অনুপাতে $X_m Y_n$ এবং $X_p Y_q$ যৌগদ্বয় গঠন করে, সুতরাং যৌগদ্বয়ে বিভিন্ন পরমাণুর সংখ্যার অনুপাত $m : n$ এবং $p : q$; একটি X পরমাণুর ওজন যদি হয় x এবং Y পরমাণুর ওজন y, তবে যৌগ দুইটিতে x এবং y-এর তৌলিক অনুপাত হইবে ঃ

যৌগ	x : y-এর ওজন	একটি পরমাণুর ওজন
X_mY_n	$mx : ny$	বা $x = ny/m$
X_pY_q	$Px : qy$	বা $x = qy/p$

সুতরাং x-পরিমাণ স্থির (definite) ওজনের X-মৌলের সঙ্গে যে ওজনের পরিমাণে Y-মৌল যুক্ত হয়, সেই ওজন সংখ্যা দুইটির অনুপাত হইবে : $xy/m : qy/p$ বা $x/m : q/p$

যেহেতু, ডালটনের তত্ত্ব অনুযায়ী—x, y, m, n, p, q—এক একটি সরল পূর্ণ সংখ্যা—$x/m : q/p$—এই অনুপাতও সরল সংখ্যক হইবে। অর্থাৎ যৌগদ্বয়ের একটি মৌল যৌগ দুইটিতে সরল সংখ্যার অনুপাতে সংযুক্ত হয় বলিয়া গুণানুপাতের সূত্র প্রমাণিত হইল।

(4) **মিথোনুপাত সূত্র** (Law of Reciprocal proportion) : মনে কর x সংখ্যক A-পরমাণু এবং y সংখ্যক B-পরমাণু যুক্ত হইয়া $A_x B_y$ যৌগ গঠন করে। ইহা ছাড়াও, m সংখ্যক A পরমাণু, n সংখ্যক B-পরমাণু আলাদাভাবে P সংখ্যক C পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া A_mC_p এবং $B_n C_p$ যৌগদ্বয় গঠন করে। মনে কর, A, B এবং C-র পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে a, b, এবং c

যেহেতু ডালটনের তত্ত্ব অনুযায়ী বিভিন্ন মৌলের পরমাণু পূর্ণ সংখ্যার সরল অনুপাতে পরস্পরে সংযুক্ত হয়, সেইহেতু, $m/p \cdot n/p : x/y$—এই সংখ্যাগুলির পরস্পরের সঙ্গে সরল অনুপাতের সম্বন্ধ বহন করে। অর্থাৎ $m/n : x/y$—ইহারা সরল পূর্ণ সংখ্যার অনুপাত বহন করে। বাস্তব ক্ষেত্রে দেখা যাইবে যে, হয় $m/n = x/y$ অথবা x/y হইবে m/n-এর সরল গুণিতক (multiple) – (i)

(ক) A_mC_p এবং B_nC_p যৌগদ্বয়ের ওজন হইবে যথাক্রমে : am এবং bn এবং এই যৌগদ্বয়ে C মৌলের স্থির ওজন হইবে cp

(খ) $A_x B_y$ যৌগে A এবং B মৌলের ওজন যথাক্রমে ax এবং by

মিথোনুপাত সূত্র অনুযায়ী am/bn এবং ax/by—এরূপ অনুপাতগুলি হয় সরল অনুপাতিক অথবা পরস্পরের গুণিতক হই

আগেই প্রমাণ করা হইয়াছে [(i) দ্রষ্টব্য] যে, m/n এবং x/y সংখ্যা দুইটি হয় সমান অথবা পরস্পরের গুণিতক। সংখ্যা দুইটি a/b দিয়া গুণ করিলে দাঁড়ায়—am/bn এবং ax/by এই উভয় সংখ্যাই হয়,—হয় সমান অথবা পরস্পরের গুণিতক।

ইহা মিথোনুপাত সূত্র প্রমাণ করে

5·2. ডালটনের পরমাণুবাদের ত্রুটি ও অসঙ্গতি

(i) অণু ও পরমাণু তথা অ্যাটম ও মলিকুলের পার্থক্য ডালটনের জানা ছিল না। তাই তিনি যৌগিক অণুকেও 'জটিল পরমাণু' রূপে (Complex atom) আখ্যা করেন। কারণ, সেই সময়ে অ্যাভোগাড্রোর পরমাণুর কল্পনা ডালটন গ্রহণ করেন নাই। ডালটন মনে করেন যে বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলি যান্ত্রিক সংযোগে পদার্থের জটিল পরমাণুর মধ্যে সমাবিষ্ট থাকে। তাই তিনি জলের অণুর আখ্যা দেন 'জলের পরমাণু' এবং ইহার সংকেত বা ফর্মুলা লেখেন—HO;

এরূপ হইতে তিনি অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করেন—8; ইহা পরে ভুল প্রমাণিত হয় এবং অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন স্থির হয়—16

(ii) ডালটন মনে করেন যে, বিভিন্ন মৌলের পরমাণু 1:1 এরূপ সরল সংখ্যক অনুপাতে অথবা ইহাদের তুল্যাংক ভার অনুযায়ী (equivalent weight) সংযুক্ত হইয়া জটিল পরমাণু গঠন করে। তাই ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্বের ভিত্তিতে বিভিন্ন মৌলের নির্ভুল পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ে অসুবিধা দেখা দেয়।

(iii) আধুনিক নিউক্লিয়ার বিজ্ঞানের (nuclear science) আবিষ্কার অনুযায়ী পরমাণুকে এখন আর পদার্থের অন্তিম ও অবিভাজ্য পদার্থ-কণা বলা যায় না। একথা জানা যায় যে পরমাণু মূলত নেগেটিভ প্রাথমিক কণা ইলেকট্রন, পজিটিভ কণা প্রোটন এবং তড়িৎ নিরপেক্ষ কণা নিউট্রন (electron, proton, neutron) দ্বারা গঠিত। আরও জানা যায় যে, ভারী মৌলের পরমাণুর বিভাজন ঘটান যায় অথবা হালকা হাইড্রোজেন পরমাণু সংযুক্ত করিয়া উচ্চতর ওজনের ভিন্ন মৌলের পরমাণু গঠন করা যায়। পরমাণুর এরূপ বিভাজন ও সংযোজনের ক্ষেত্রে পরমাণুর সামান্য পরিমাণ পদার্থ (matter) শক্তিতে (energy) রূপান্তরিত হয় এবং এরূপ শক্তিকে বলা হয় পারমাণবিক শক্তি (nuclear energy)।

(iv) পরমাণু বর্তমানে বিভাজ্য তথা আংশিক ভাবে বিনাশী হইলেও রাসায়নিক বিক্রিয়ায় প্রতিটি মৌলের পরমাণু অখণ্ড বা অবিভাজ্য কণা রূপে ব্যবহার করে। তাই, রাসায়নিক বিক্রিয়ার অর্থে পরমাণু এখনও অবিভাজ্য। রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে পরমাণুর বাইরের মৌলের ইলেকট্রন বর্জিত বা এরূপ মৌলে অতিরিক্ত ইলেকট্রন অর্জিত হয়। কিন্তু এরূপ বিক্রিয়ায় পরমাণুর নিউক্লিয়াস এবং ইলেকট্রন মৌল মুখ্যত অপরিবর্তিত থাকে। ইলেকট্রনের ওজন অতি নগণ্য বলিয়া ইহাদের অর্জন বা বর্জন পরমাণুর ওজনের কোন উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন ঘটায় না।

(v) যে কোন একটি মৌলের পরমাণুগুলি ওজনে এবং [illegible]ত ও রাসায়নিক ধর্মে অভিন্ন। বিভিন্ন মৌলে **আইসোটোপ** (Isotope) আবিষ্কারের পরে -এইতত্ত্বকেও আর নির্ভুল বলা যায় না। অধিকাংশ মৌলের একাধিক ওজনের বিভিন্ন পরম[illegible] পাওয়া যায় এবং একই মৌলের এরূপ বিভিন্ন ওজনের পরমাণুগুলিকে বলা হয় সেই মৌলের আ[illegible]টোপ। যথা—হাইড্রোজেনের 1, 2, 3 ; কার্বনের—11, 12, 13 ওজনের বিভিন্ন আইসোটো[illegible] পাওয়া যায়।

(vi) বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর ওজন বিভিন্ন—ডালটনে[illegible] এই [illegible]ত্বও নির্ভুল নয়। আইসোটোপ আবিষ্কারের পর দেখা যায়—একই পারমাণবিক [illegible]নে বিভিন্ন মৌলের পরিচয় দেওয়া যায়। যথাঃ 14 পারমাণবিক ওজন দ্ব[illegible]নে বা নাইট্রোজেনের পরমাণু অথবা 16 পারমাণবিক ওজন দ্বারা [illegible]অক্সিজেনের পরমাণুর পরিচয় দেওয়া যায়। এরূপ একই পারমাণ[illegible]নের বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলিকে বলা হয় **আইসোবার** (Isobar)ঃ

(vii) আইসোটোপ [illegible]বিষ্কারের ফলে স্থিরানুপাত সূত্রকেও আর অভ্রান্ত বলা যায় না। যথাঃ H-এর পারমাণবিক ওজন—1, 2, 3 এবং কার্বনের—12, 14, এবং অক্সিজেনের—16, 18 হইতে পারে। সুতরাং বিভিন্ন যৌগে মৌলের অনুপাত হইতে পারেঃ

স্বাভাবিক জল (H_2O)→H : O=1 : 8

ভারী জল (H_2O)→H : O=1 : 4

স্বাভাবিক কার্বন ডাই অক্সাইড (CO_2)→C : O=3 : 8

কার্বন (14) ডাই অক্সাইড (CO_2)→C : O=7 : 18

(viii) হেক্সাকন্টেন (Hexa-contane—$C_{60}H_{122}$) জাতীয় জৈব যৌগে উপাদানের অনুপাত পূর্ণসংখ্যক হইলেও, সরল সংখ্যক নয় বলিয়া এরূপ যৌগে ডালটনের তত্ত্ব প্রযোজ্য নয়।

5·3. পারমাণবিক-আণবিক তত্ত্ব (Atomic-Molecular Theory) ঃ

অ্যাভোগাড্রোর অণুর কল্পনা (Molecular hypothesis) গৃহীত এবং পরবর্তীকালে পরীক্ষা-সম্মত হওয়ায় ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্ব পরবর্তী সময়ে নিম্নরূপভাবে সংশোধিত আকারে প্রকাশ করা হয় ঃ

(i) প্রকৃতিতে বিভিন্ন পদার্থ স্বাধীন ও অন্তিম অবস্থায় পাওয়া যায় অণু বা মলিকুল (molecule) রূপে এবং এরূপ প্রতি অণু-কণার মধ্যে পদার্থটির ধর্ম বজায় থাকে।

(ii) পদার্থের অণু-কণাগুলি একরকম মৌলের পরমাণুর সংযোগে মৌল অণু (elementary molecule) এবং বিভিন্ন রকম মৌলের সংযোগেযৌগ অণুরূপে (compound molecule) গঠিত হয়। যথা ঃ H_2, O_2, N_2 এবং H_2O, NaCl, H_2SO_4 ইত্যাদি।

(iii) একরকম পদার্থের অণু-কণাগুলি ওজনে এবং ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে অভিন্ন বা একরকম। যথা ঃ যেভাবেই প্রস্তুত করা হউক না কেন HNO_3 বা CaO ইত্যাদি অণুগুলির ওজন ও ধর্ম একরকম।

(iv) ভিন্ন ভিন্ন পদার্থের অণু-কণাগুলি ওজন ও ধর্মে বিভিন্ন। যথা ঃ NaCl এবং $CaCO_3$—ওজন ও ধর্মে বিভিন্ন।

(v) যে কোন একটি পদার্থের অণুর ভর বা ওজন ইহার মধ্যে প্রাপ্ত বিভিন্ন মৌলের যুক্ত ওজনের সমান। এরূপ ওজনকেই বলা হয় আণবিক ওজন (Molecular weight)।

(vi) কোন যৌগের, বিশেষ করিয়া অজৈব যৌগের অণুগুলি গঠিত হয় ইহার সংযোগী মৌলের সরল সংখ্যার অনুপাতে। যথা ঃ 1 : 1 ; 1 : 2 ; 2 : 3 ইত্যাদি।

(vii) কোন পদার্থের অণুগুলি রাসায়নিক পরিবর্তন বা বিক্রিয়ার সময়ে বিভিন্ন পরমাণুরূপে বিচ্ছিন্ন হইয়া যায় এবং এরূপ বিচ্ছিন্ন বা বিমুক্ত পরমাণুগুলি নতুন কাঠামে পুনর্গঠিত হইয়া বিভিন্ন ধর্মের এক বা একাধিক নতুন ধর্মের অণু গঠন করে।

5·4. মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব বা ওজন (Atomic weight)

যে কোন মৌলের একটি পরমাণুর ওজন প্রত... প্রকৃত ওজনের উপরে ভিত্তি করিয়া ব্যবহারিক প্রয়োজনে রাসায়নিক গণনা করা তথা অণু বা পরমাণুর ওজন ...গণনা করা সম্ভব হয় না। [প্রথম অধ্যায় দ্রষ্টব্য]। তাই সূক্ষ্মতম মৌল হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর তুলনায় অন্যান্য মৌলের এক একটি পরমাণু কতগুণ ভারী সেই তুলনামূলক সংখ্যাকে মৌলের পারমাণবিক সংখ্যারূপে ধার্য করার পদ্ধতি প্রবর্তন করেন ডালটন। পারমাণবিক ওজন একটি তুলনামূলক

সংখ্যা বলিয়া ইহাকে গ্রাম বা অন্য কোন ওজনের মাত্রায় নির্দিষ্ট করা হয় না—শুধুমাত্র সংখ্যাটি লেখা হয়। অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16 ; ইহার অর্থ একটি অক্সিজেন পরমাণু 16টি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজনের সমান, যথাক্রমে সেইরূপ একটি কার্বন পরমাণু 12টি ; একটি নাইট্রোজেন পরমাণু 14টি ; একটি ইউরেনিয়াম পরমাণু 283টি হাইড্রোজেন পরমাণুর সমান।

পরবর্তী কালে দেখা যায় হাইড্রোজেন সবরকম মৌলের সঙ্গে যৌগ গঠনে সক্ষম নয় বলিয়া হাইড্রোজেনকে ভিত্তি করিয়া বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় নির্ভুল হয় না। পক্ষান্তরে, অক্সিজেন প্রায় অধিকাংশ মৌলের সঙ্গে যৌগ গঠনে সক্ষম। তাই, অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16 ধরিয়া অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজনের তুলনায় অন্যান্য মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব বা ওজন নির্ণয় করিলে তাহা অধিকতর নির্ভুল হয়। অক্সিজেন স্কেল অনুযায়ী হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 1·008 ;

আইসোটোপ আবিষ্কারের পরে দেখা যায় যে স্বাভাবিক অক্সিজেন 16,17 এবং 18 ওজনের তিন প্রকার অক্সিজেন আইসোটোপ দ্বারা গঠিত। তাই একটি অক্সিজেন পরমাণুর গড় ওজন হয়—16·0044, যদিও অক্সিজেন স্কেল অনুযায়ী বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক ওজন বা গুরুত্ব নির্ণয়ের পদ্ধতির মূল্য এখনও স্বীকৃত রহিয়াছে, তথাপি বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক ওজনের জন্য 1961 খ্রীষ্টাব্দে **কার্বন স্কেলের** প্রবর্তন করা হইয়াছে।

প্রকৃতিতে 12 ওজনের কার্বন আইসোটোপ ($_6C^{12}$) প্রভূত পরিমাণে পাওয়া যায়। তাই, একটি কার্বন পরমাণুর ওজন 12 ধরিয়া, ইহার তুলনায় অন্য মৌলের একটি পরমাণুর ওজন যতগুণ—সেই গুণফলের সংখ্যাকে বলা হয় সেই মৌলের পারমাণবিক ওজন। অর্থাৎ

একটি মৌলের পারমাণবিক ওজন

$$= \frac{\text{সেই মৌলের একটি পরমাণুর ওজন}}{\text{একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজন}} \times 16$$

$$= \frac{\text{সেই মৌলের একটি পরমাণুর ওজন}}{\text{একটি কার্বন পরমাণুর ওজন}} \times 12$$

পারমাণবিক ভরের একক (atomic mass unit) তথা সংক্ষেপে এ. এম. ইয়ু (a.m.u) রূপেও কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন প্রকাশ করা যায়। সুতরাং, বলা যায় :

(i) এক (1) এ. এম. ইয়ু (a.m.u.) $= \frac{1}{16} \times$ একটি (1) অক্সিজেন পরমাণুর ভর

∴ অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন $=16$ এ. এম. ইয়ু (a. m. u)

(ii) এক (1) এ. এম. ইয়ু (a. m. u) $= \frac{1}{12} \times$ একটি (1) কার্বন পরমাণুর ভর

∴ কার্বনের পারমাণবিক ভর $=12$ এ. এম. ইয়ু (a. m. u)

পারমাণবিক গুরুত্ব বা ওজনের সংজ্ঞা : অক্সিজেন-স্কেল :

(i) একটি মৌলের পরমাণুর ওজন $\frac{1}{16}$ ভগ্নাংশিক অক্সিজেনের পরমাণুর ওজনের তুলনায় যতগুণ ভারী সেই অনুপাতিক সংখ্যাকে বলা হয় সেই মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব বা ওজন।

(ii) **কার্বন-স্কেল :** একটি মৌলের পরমাণুর ওজন $\frac{1}{12}$ ভগ্নাংশিক কার্বনের পরমাণুর ওজনের তুলনায় যতগুণ ভারী সেই আনপাতিক সংখ্যাকে বলা হয় সেই মৌলের পারমাণবিক ওজন।

কার্বন-স্কেল অনুযায়ী নির্ণীত পারমাণবিক গুরুত্ব বা ওজনে প্রাক্তন স্কেলের তুলনায় 0·004% পার্থক্য ঘটে। তাই, বর্তমানে অক্সিজেন ও কার্বন-স্কেল অনুযায়ী —দুই পদ্ধতিতে গৃহীত পারমাণবিক ওজন বা গুরুত্বই প্রচলিত রহিয়াছে।

মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব বা ওজনের তালিকা 'রসায়নের' শেষে দেওয়া হইয়াছে।

প্রশ্ন

1. ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্বের সাহায্যে ভরসংরক্ষণ সূত্র ও স্থিরানুপাত সূত্রের ব্যাখ্যা কর।

2. গুণানুপাত ও মিথোনুপাত সূত্র দুইটি লিখ? ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্বের সাহায্যে ইহাদের ব্যাখ্যা কর।

3. ডালটনের পরমাণুবাদের অসঙ্গতি কি কি?

4. পারমাণবিক-আণবিক তত্ত্ব কি? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

5. টীকা লিখ (উদাহরণ সহ) :—

(a) আইসোটোপ, (b) আইসোবার।

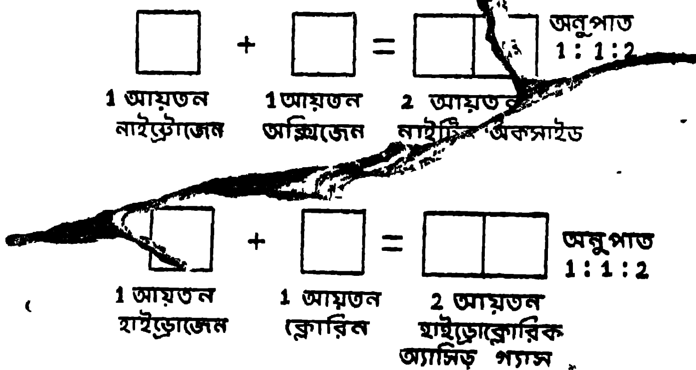
6. পারমাণবিক গুরুত্ব কাহাকে বলে? অক্সিজেন স্কেল ও কার্বন স্কেল কি? ব্যাখ্যা কর।

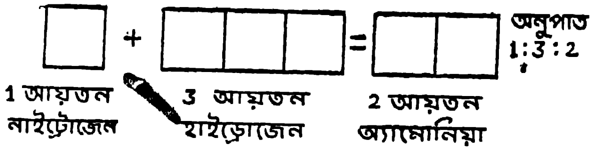
অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প ও মোল-কল্প
(Avogadro's Hypothesis and Mole Concept)

1783 খৃষ্টাব্দে বৃটিশ বিজ্ঞানী **ক্যাভেনডিশ** হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসের মধ্যে বিদ্যুৎ-স্পর্শ দ্বারা সংযোগ ঘটাইয়া জল তৈরী করেন। ফরাসী বিজ্ঞানী **গে-লুসাক** (Gay-Lussac) সহযোগী **হামবোল্টের** (Humbolt) সঙ্গে বিজ্ঞানী ক্যাভেনডিশের এই গ্যাসীয় বিক্রিয়াটি নূতন করিয়া পরীক্ষা করেন। এই পরীক্ষায় দেখা যায়, দুই-আয়তন হাইড্রোজেন এক আয়তন অক্সিজেনের সঙ্গে সংযুক্ত হইয়া দুই-আয়তন জলীয় বাষ্প গঠন করে। হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্পের আয়তনে (volume) এরূপ সরল অনুপাত (2 : 1 : 2) দেখিয়া গে-লুসাক অত্যন্ত বিস্মিত হন।


গে-লুসাক

গে-লুসাকের মনে প্রশ্ন জাগে, অন্যান্য গ্যাসীয় পদার্থও কি এরূপ সরল অনুপাতে সম্মিলিত হইয়া নূতন গ্যাসীয় যৌগ গঠন করে? তিনি হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাস সংযুক্ত করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস তৈরী করেন। এইরূপে তিনি আরও অনেকগুলি গ্যাসীয় যৌগের আয়তনিক সংযুতি নির্ণয় করেন। এরূপ গ্যাস বিক্রিয়ায় (gaseous reaction) দেখা যায় গ্যাসগুলি পরস্পরে সংযুক্ত হয় আয়তনের এক সরল অনুপাতে এবং বিক্রিয়ার ফলে যে নূতন গ্যাসীয় যৌগ তৈরী হয় তাহার আয়তনেও সংযোগী গ্যাসের আয়তনের সঙ্গে একই রকম সরল অনুপাত দেখা যায়। যথা:

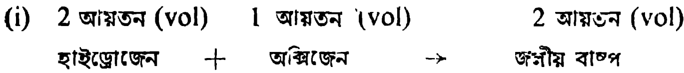


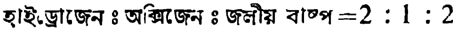


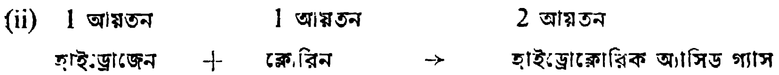
গ্যাসীয় বিক্রিয়ায় উৎপাদক ও উৎপন্ন গ্যাসগুলির পরস্পরের আয়তনের এরূপ সরল অনুপাত দেখিয়া গে-লুসাক একটি সূত্র রচনা করেন। **এই সূত্রটিকে গে-লুসাকের সূত্র বা গ্যাস আয়তনিক সূত্র** (Gay Lussac's Law or Law of Gaseous Volume) **বলা হয়।**

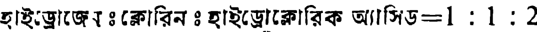
গে-লুসাকের সূত্র ঃ একই চাপ ও উষ্ণতায় বিভিন্ন গ্যাসের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটে---(i) ইহাদের আয়তনের সরল অনুপাতে এবং (ii) বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থটি যদি গ্যাসীয় হয় তবে সেই গ্যাসটির আয়তনের সঙ্গে বিক্রিয়াকারী গ্যাস-গুলির আয়তনের একটি সরল অনুপাত দেখা যায়।

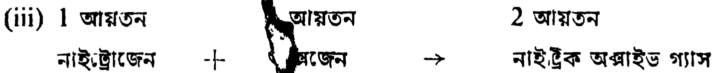
বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় ঃ

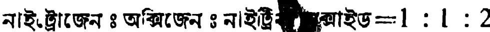

(i) 2 আয়তন (vol) 1 আয়তন (vol) 2 আয়তন (vol)
হাইড্রোজেন + অক্সিজেন → জলীয় বাষ্প

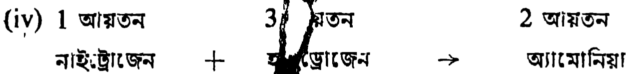

হাইড্রোজেন ঃ অক্সিজেন ঃ জলীয় বাষ্প = 2 : 1 : 2

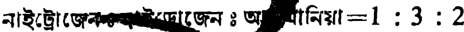

(ii) 1 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন
হাইড্রোজেন + ক্লোরিন → হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস


হাইড্রোজেন ঃ ক্লোরিন ঃ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড = 1 : 1 : 2


(iii) 1 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন
নাইট্রোজেন + অক্সিজেন → নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস


নাইট্রোজেন ঃ অক্সিজেন ঃ নাইট্রিক অক্সাইড = 1 : 1 : 2


(iv) 1 আয়তন 3 আয়তন 2 আয়তন
নাইট্রোজেন + হাইড্রোজেন → অ্যামোনিয়া


নাইট্রোজেন ঃ হাইড্রোজেন ঃ অ্যামোনিয়া = 1 : 3 : 2

ডালটনের পারমাণবিক সূত্র ও গে-লুসাক সূত্রের সাদৃশ্য ঃ গে-লুসাক এই সূত্রটি প্রকাশ করেন 1808 খ্রীষ্টাব্দে। ডালটনও পরমাণুবাদ রচনা করেন 1803 খ্রীষ্টাব্দে।

ডালটনের পরমাণুবাদ বলে যে, **মৌলিক পদার্থগুলি পরস্পর মিলিত হয় সরল সংখ্যার অনুপাতে।** যথা ঃ 1 : 1 ; 1 : 2 : 3 ; 2 : 3 এরূপ সরল অনুপাতে।

আবার গে-লুসাকের সূত্রটিও বলে যে, **মৌলিক পদার্থগুলি গ্যাসীয় অবস্থায় পরস্পরে মিলিত হয় পারস্পরিক আয়তনের সরল অনুপাতে।** যথা ঃ 1 : 1 ; 1 : 2 : 3 ; 2 : 3---এরূপ অনুপাতে।

সূত্র দুইটির মধ্যে এরূপ সামঞ্জস্য দেখিয়া বিজ্ঞানী বার্জিলাস সূত্রাকারে বলেন: **সম-উষ্ণতা ও সম-চাপে সম আয়তন যে-কোন গ্যাসের মধ্যে সম-সংখ্যক পরমাণু বর্তমান থাকে।** কিন্তু যেহেতু ডালটনের তত্ত্ব অনুযায়ী পরমাণু অবিভাজ্য, বার্জিলাসের এরূপ সূত্র প্রয়োগ করিয়া গে-লুসাকের সূত্র ব্যাখ্যা করা যায় না। ইহা ব্যাখ্যা করেন ইটালীয় বিজ্ঞানী অ্যাভোগাড্রো তাঁহার **অণুর প্রকল্প** প্রবর্তন করিয়া। অ্যাভোগাড্রোর জীবিতকালে তাঁহার অণুর প্রকল্প স্বীকৃতি লাভ করে নাই,—মৃত্যুর এগার বছর পরে তাঁহারই ছাত্র ক্যানিজারো (Cannizzaro) অ্যাভোগাড্রোর **অণুবাদ** (Molecular theory) বৈজ্ঞানিক তত্ত্বরূপে সুপ্রতিষ্ঠিত করেন।

6·1. অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প (Avogadro's hypothesis):

সম-আয়তন বিভিন্ন গ্যাসের মধ্যে একই সংখ্যক পদার্থ-কণা থাকে বটে কিন্তু এরূপ গ্যাসীয় পদার্থ কণাগুলি কিভাবে গঠিত সর্বপ্রথমে তার যথার্থ কল্পনা করেন ইটালীয়ান বিজ্ঞানী **অ্যামেদেও অ্যাভোগাড্রো** (Amedeo Avogadro)। স্বাধীন অবস্থায় পদার্থের যে ক্ষুদ্রতম কণা প্রকৃতিতে পাওয়া যায় অ্যাভোগাড্রো তার এক নূতন সংজ্ঞা দেন। তিনি বলেন **প্রকৃতিতে স্বাধীন অবস্থায় যে কোন মৌলিক ও যৌগিক পদার্থের যে ক্ষুদ্রতম কণা পাওয়া যায়, তাহা পাওয়া যায় অণু (molecule) রূপে।** অণুর কল্পনা প্রবর্তন করার সঙ্গে সঙ্গতি রাখিয়া তিনি ডালটনের পরমাণু কল্পনাকে যথার্থ বলিয়া গ্রহণ করেন। তিনি বলেন যে, পদার্থের স্বাধীন কণাগুলি পাওয়া যায় পরমাণুরূপে নয়—অণু রূপে। সাধারণত এই অণুগুলি পরমাণু কণার সংযোগে গঠিত।

এই অণু দুই রকম,—(i) **মৌলিক অণু** (elementary molecule) ও (ii) **যৌগিক অণু** (compound molecule)। **যে কোন যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম স্বাধীন কণাগুলি সর্বক্ষেত্র একাধিক মৌলিক পদার্থের দুইটি বা তার বেশি পরমাণুর সমবায়ে গঠিত অণুকণা। ইহাদের বলা হয় যৌগিক অণু।** যথা: হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু (HCl); নাইট্রিক অ্যাসিড অণু (HNO_3) ইত্যাদি।

মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম স্বাধীন কণাগুলিকে বলা হয় মৌলিক অণু। মৌলিক অণু দুইভাবে গঠিত হইতে পারে। কোন মৌলিক পদার্থের একটি মাত্র পরমাণু কণাকেও অনেক সময় অণু বলা হয়। এরূপ ক্ষেত্রে অণু ও পরমাণুর একই অর্থ। সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, লৌহ ইত্যাদি কঠিন আকারের ধাতব মৌলিক পদার্থের এবং কার্বন, বোরন, সিলিকন ইত্যাদি কঠিন আকারের অ-ধাতব মৌলিক পদার্থের অণুগুলি একটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত বলিয়া ধরিয়া লওয়া হয়। ... ইহাদের অণুর সংকেত যথাক্রমে—Na, Ca, Al, Fe, C, B ... । সালফার ও ফসফরাস অণু সাধারণত সংকেত লেখার ... ক্রমে S এবং P দ্বারা নির্দিষ্ট করা হইলেও বিভিন্ন অবস্থায় সালফারের আণবিক সংকেত, S_2, S_6 বা S_8 এবং ফসফরাসের অণুর গঠন P_2 বা P_4 রূপে থাকিতে পারে।

অধাতব গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থের স্বাধীন অণুগুলি প্রায়ই একাধিক পরমাণু দ্বারা গঠিত। যথা: হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন ইত্যাদি গ্যাসীয়

মৌলিক অণুগুলি দুইটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত। তাই ইহাদের আণবিক (molecular) সংকেত যথাক্রমে-H_2, O_2, N_2, Cl_2 ইত্যাদি। স্বাভাবিক অবস্থায় মৌলিক পদার্থ ব্রোমিন তরল ও আয়োডিন কঠিন। কিন্তু গ্যাসীয় অবস্থায় উহাদের সংকেত-Br_2 এবং I_2 [কিন্তু নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির অণু পারমাণবিক, যথা : A, Ne, He]

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প (Avogadro's hypothesis) : অ্যাভোগাড্রো অণুর (molecule) কল্পনা করিয়া সূত্রাকারে বলেন : **সম-উষ্ণতা ও সম-চাপে সম-আয়তন যে কোন গ্যাসে সম-সংখ্যক অণু বর্তমান থাকে।**

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী একই উষ্ণতায় বা তাপমাত্রায় ও একই চাপে 1 ml. অক্সিজেন এবং 1 ml. হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে যত সংখ্যক অণু থাকে 1 ml. ক্লোরিন বা 1 ml. হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা 1 ml. নাইট্রোজেন বা 1 ml. অ্যামোনিয়া, অর্থাৎ 1 ml. যে-কোন **গ্যাসীয় মৌলিক বা যৌগিক পদার্থে** একই তথা সম-সংখ্যক অণু থাকে। 1 ml. হাইড্রোজেন কোন **বিশেষ উষ্ণতায় ও চাপে** যদি 50000 কোটি অণু থাকে বলিয়া কল্পনা করা যায়, তবে 1 ml. নাইট্রোজেন বা 1 ml. অ্যামোনিয়া বা 1 ml. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের মধ্যেও **সেই উষ্ণতায় ও চাপে** 50000 কোটি অণু পাওয়া যাইবে।

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প সাহায্যে গ্যাস আয়তনিক সূত্রের ব্যাখ্যা (Law of gaseous volumes and Avogadro's hypothesis) :

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প প্রয়োগ করিয়া নির্ভুলভাবে গ্যাস-আয়তনিক বিক্রিয়া (gaseous reaction) ব্যাখ্যা করা যায়। উদাহরণস্বরূপ :

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস গঠনের বিক্রিয়া :

2 ml. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস গঠিত হয় 1 ml. হাইড্রোজেনের সঙ্গে 1 ml. ক্লোরিনের সংযোগে

কোনও নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে যদি 1 ml. গ্যাসে n সংখ্যক অণু বর্তমান থাকে [n=যে-কোন সংখ্যা]

তবে, 2 ml. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে $2n$ সংখ্যক অণু থাকিবে এবং 1 ml. হাইড্রোজেন n অণু ও 1 ml. ক্লোরিনেও n সংখ্যক অণু বর্তমান থাকিবে।

সুতরাং আয়তনের পরিবর্তে অণু সংখ্যা দ্বারা গ্যাস বিক্রিয়া বিশ্লেষণ করা হইলে বলা যায় যে, $2n$ সংখ্যক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস অণু গঠিত হয় n সংখ্যক হাইড্রোজেন অণুর সঙ্গে n সংখ্যক ক্লোরিন অণুর সংযোগে ;

অথবা, 2 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস গঠিত হয়

1 অণু হাইড্রোজেন +1 অণু ক্লোরিনের সংযোগে

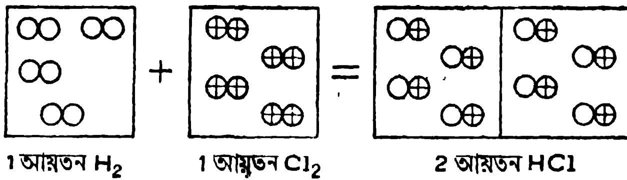
সুতরাং 1 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস গঠিত হয়

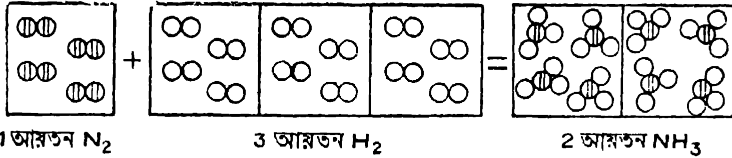
$\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন+$\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিনের সংযোগে।

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে **হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন অণু দুইটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত।** তাই,

$\frac{1}{2}$ হাইড্রোজেন অণু বা $\frac{1}{2}$ ক্লোরিন অণু $=1$ হাইড্রোজেন পরমাণু বা 1 ক্লোরিন পরমাণু;
সুতরাং 1 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস গঠিত হয় 1 হাইড্রোজেন পরমাণু $+1$ ক্লোরিন পরমাণু সংযোগে।

চিত্রাকারে অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প নিম্নরূপভাবে ব্যাখ্যা করা যায়। বিক্রিয়ার পরে অণুর পুনর্গঠনের ফলে কিভাবে সম-আয়তনে সম-সংখ্যক অণু (সম চাপ ও তাপে) বর্তমান থাকে চিত্রে তাহা সুস্পষ্টভাবে দেখা যায়।





অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের অবদান ঃ

(i) এই প্রকল্প সর্বপ্রথম পরমাণু এবং অণুর পার্থক্য নির্দেশ করিয়া পদার্থের গঠন সম্বন্ধে ধারণা সুস্পষ্ট ও সুনির্দিষ্ট করে।

(ii) অ্যাভোগাড্রোর এই প্রকল্পটি গ্রহণ করিয়া গে-লুসাকের যে কোন গ্যাসআয়তনিক পরীক্ষা ব্যাখ্যা করা যায় এবং এরূপ ব্যাখ্যা ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্বের সঙ্গে সঙ্গতি রক্ষা করে।

(iii) রাসায়নিক বিক্রিয়া সুস্পষ্টভাবে অনুধাবন এবং সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা এই প্রকল্প দ্বারা সম্ভবপর হইয়াছে।

(iv) এই প্র... ...র ওজন নির্ণয় এবং রাসায়নিক গণনা সম্ভব হইয়াছে।

...ড্রোর মতবাদটি আগে ছিল একটি কল্পনা মাত্র। তাই ইহাকে আগে প্রকল্প (Hypothesis) বলা হইত। কিন্তু পরবর্তী কালে প্রত্যক্ষভাবে না হইলেও পরোক্ষভাবে প্রতিটি ক্ষেত্রে অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প যে অভ্রান্ত তাহা প্রমাণিত হইয়াছে। বর্তমানে অণুর ফটো গ্রহণও সম্ভব হইয়াছে। তাই, অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পকে এখন **অ্যাভোগাড্রোর সূত্র** (Avogadro's law) বলা হয়।

6·2. আণবিক গুরুত্ব (Molecular weight) ঃ

অণু গঠিত হয় পরমাণুর সংযোগে। সুতরাং একটি অণুতে যতটি পরমাণু আছে সেই পরমাণুর সম্মিলিত গুরুত্বই একটি অণুর গুরুত্ব। যেহেতু পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা হয় হাইড্রোজেনের পরমাণুর তুলনামূলক ওজন দ্বারা এবং যেহেতু আণবিক ওজন সেই অণুর পরমাণুর সম্মিলিত পারমাণবিক ওজন মাত্র, আণবিক ওজনও তাই মূলার্থে হাইড্রোজেন বা অক্সিজেন বা কার্বন পরমাণুর সঙ্গে তুলনামূলক ওজন।

সুতরাং **জলের (H_2O) আণবিক গুরুত্ব** $=2\times1+16=18$

একটি লবণের অণু $=1$ সোডিয়াম পরমাণু $+1$ ক্লোরিন পরমাণু।

সুতরা **লবণের (NaCl) আণবিক গুরুত্ব** $=23+35\cdot5=58\cdot5$.

একটি নাইট্রিক অ্যাসিড অণু $=1$ হাইড্রোজেন পরমাণু $+1$ নাইট্রোজেন পরমাণু $+3$ অক্সিজেন পরমাণু

সুতরাং **নাট্রিইক অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব** $=1+14+3\times16=63$

আণবিক গুরুত্ব (Molecular weight) ঃ একটি হাইড্রোজেন বা অক্সিজেন বা কার্বন পরমাণুর তুলনায় কোন মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের একটি অণু যত গুণ ভারী, সেই তুলনামূলক সংখ্যাকে ঐ পদার্থের আণবিক গুরুত্ব বলা হয়। অর্থাৎ একটি অণু যে সকল পরমাণু দ্বারা গঠিত তাহাদের সংযুক্ত গুরুত্বই সেই অণুটির ওজন বা উহার আণবিক গুরুত্ব।

পরমাণুর গুরুত্ব বলিতে বুঝা যায় হাইড্রোজেন বা অক্সিজেন বা কার্বন পরমাণুর তুলনামূলক গুরুত্ব এবং আণবিক গুরুত্ব আবার পরমাণুর সম্মিলিত ওজন। সুতরাং **আণবিক গুরুত্বও হাইড্রোজেন বা অক্সিজেন বা কার্বন পরমাণুর তুলনামূলক গুরুত্ব।**

জলের আণবিক গুরুত্ব $=18$; ইহার অর্থ একটি জলের অণু 18টি হাইড্রোজেন পরমাণুর সমান ভারী। সেইরূপ লবণের আণবিক গুরুত্ব $=58\cdot5$, একটি লবণের অণুর গুরুত্ব $=$ একটি সোডিয়াম পরমাণুর গুরুত্ব (23) $+$ একটি ক্লোরিন পরমাণুর গুরুত্ব $(35\cdot5)=58\cdot5$টি হাইড্রোজেন পরমাণুর সমান গুরুত্ব।

পরমাণু ও অণুর তুলনা ঃ

পরমাণু (Atom)	অণু (Molecule)
1. মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণার নাম পরমাণু।	1. মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম স্বাধীন সত্ত্বা বিশিষ্ট কণার নাম অণু।
2. অধিকাংশ পরমাণু সাধারণ স্বতন্ত্র বা মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না অর্থাৎ স্বাধীন সত্ত্বা নাই—পাওয়া যায় সাধারণত অণুর মধ্যে জোটবদ্ধ অবস্থায়। **[কিন্তু হিলিয়াম, নিয়ন, আরগন জাতীয় নিষ্ক্রিয় মৌলের অথবা সোডিয়াম, পটাসিয়াম্ জাতীয় ধাতব মৌলের পরমাণুগুলি মুক্ত বা স্বতন্ত্র অবস্থায় পাওয়া যায়।]**	2. মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের অণুগুলি প্রকৃতিতে স্বতন্ত্র বা মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। অর্থাৎ ইহাদের স্বাধীন সত্ত্বা আছে।

পরমাণু (Atom)	অণু (Molecule)
3. পরমাণুর মধ্যে মৌলের সকল ধর্ম বর্তমান থাকে এবং একই মৌলের সকল পরমাণু ধর্মে ও ওজনে একরকম।	3. অণুর মধ্যে সেই যৌগিক পদার্থের সকল ধর্ম বর্তমান থাকে। তাই একই যৌগের সকল অণু ধর্মে ও ওজনে একপ্রকার।
4. পরমাণু সর্বদা একক কণারূপে গঠিত। তাই, 92 রকম মৌলিক পদার্থের পরমাণুও 92 রকম।	4. অণু গঠিত হয় সাধারণত একাধিক পরমাণু কণার সমবায়ে। অণুর গঠন দুই রকম—(i) মৌলিক অণু। যথা : হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, সোনা ইত্যাদির অণু। অপর অণুর নাম (ii) যৌগিক অণু। যথা : জল, লবণ, সোডা, প্রোটিন অণু ইত্যাদি। সোনা, রূপা, তামা, কার্বন, ইত্যাদি জাতীয় কঠিন মৌলিক পদার্থের অণু একটিমাত্র পরমাণু দ্বারা গঠিত।
5. প্রকৃতিতে মাত্র 92 রকম মৌলিক পদার্থের 92 রকম ভিন্নধর্মী পরমাণু পাওয়া যায়।	5. বিভিন্ন পরমাণুর সমবায়ে নানা-ভাবে যৌগিক অণুর গঠন সম্ভব বলিয়া পৃথিবীতে লক্ষ লক্ষ বিভিন্ন রকম যৌগিক অণু পাওয়া যায়।
6. ডালটনের তত্ত্ব অনুযায়ী পরমাণু ভাঙ্গা বা গড়া যায় না। [কিন্তু বর্তমানে পরমাণু ভাঙ্গা বা গড়া সম্ভব।]	6. অণুর গঠন, ভঞ্জন এবং পুনর্গঠন সম্ভব। অণুর এরূপ ভাঙ্গা-গড়ার অর্থই রাসায়নিক বিক্রিয়া বা পরিবর্তন।
7. পরমাণু প্রথম একটি কল্পনা মাত্র ছিল কিন্তু এখন বাস্তব পরীক্ষায় পরমাণুর কল্পনা বাস্তব সত্য বলিয়া প্রমাণিত হইয়াছে।	7. অণুও প্রথমে কল্পনামাত্র ছিল। কিন্তু এখন বাস্তব পরীক্ষায় অণুর কল্পনাও বাস্তব সত্য বলিয়া প্রমাণিত হইয়াছে।
8. একটি হাইড্রোজেন বা অক্সিজেন বা কার্বন পরমাণুর তুলনায় অন্য কোন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর যে গুরুত্ব তাহাই সেই পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব।	8. যে কয়েকটি পরমাণু দ্বারা একটি অণু গঠিত, সেই পরমাণু-কয়টির সংযুক্ত গুরুত্বই আণবিক গুরুত্ব। আণবিক গুরুত্বও মূল অর্থে হাইড্রোজেন বা অক্সিজেন বা কার্বন পরমাণুর তুলনামূলক গুরুত্ব।

6·3. অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের প্রয়োগ বা অনুসিদ্ধান্ত (Application of or deduction from Avogadro's hypothesis) :

(1) সাধারণ গ্যাসীয় মৌলের অণু দুইটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত অর্থাৎ দ্বি-পারমাণবিক।

(2) কোন গ্যাসীয় [illegible] আণবিক ওজন ইহার বাষ্প ঘনত্বের দ্বিগুণ।

(3) [illegible]য় পদার্থের আণবিক সংকেত নির্ণয় করা সম্ভব।

(4) অনেক মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা সম্ভব।

(5) প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় এক গ্রাম অণু ওজনের যে কোন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন 22·4 লিটার।

(1) গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থের অণুর গঠন দ্বি-পারমাণবিক (A gaseous elementary molecules is di-atomic) ঃ

হাইড্রোজেন, ক্লোরিন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ইত্যাদি মৌলিক পদার্থের অণু যে দুইটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত, তাহা সহজেই প্রমাণ করা যায়।

(i) হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন অণু দ্বি-পারমাণবিক (Hydrogen and chlorine molecules are di-atomic) :

বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায়, 1 ml. হাইড্রোজেন +1 ml. ক্লোরিন গঠন করে 2 ml. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস।

সম উষ্ণতা ও সম চাপের প্রভাবে অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী প্রতি 1 ml. আয়তনের যে কোন রকম গ্যাসে পাওয়া যায় একই সংখ্যক অণু-কণা।

মনে কর, এরূপ অণু-কণার সংখ্যা$=n$;

সুতরাং, 1 ml. হাইড্রোজেনে আছে$=n$ হাইড্রোজেন অণু; 1 ml. ক্লোরিনে আছে$=n$ ক্লোরিন অণু; এবং 2 ml. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে আছে$=2n$ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু ;

তাই, আয়তনের পরিবর্তে অণু-কণার সংখ্যা হিসাবে বিক্রিয়াটি লেখা যায় ঃ

n হাইড্রোজেন অণু$+n$ ক্লোরিন অণু গঠন করে $2n$ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু অথবা 1 অণু হাইড্রোজেন$+1$ অণু ক্লোরিন গঠন করে 2 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড। অর্থাৎ, 1 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গঠিত হয় $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন$+\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিন দ্বারা।

ডালটনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণুতে কমপক্ষে একটি হাইড্রোজেন ও একটি ক্লোরিন পরমাণু থাকিবে। সুতরাং একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণুতে আছে কমপক্ষে একটি হাইড্রোজেন ও একটি ক্লোরিন পরমাণু। ইহারা আসিয়াছে $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন এবং $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিন হইতে। তাই, একটি হাইড্রোজেন ও একটি ক্লোরিন অণুতে অবশ্যই কমপক্ষে দুইটি করিয়া পরমাণু থাকিবে। সুতরাং হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন অণুর সংকেত হইবে—H_2 ও Cl_2 অর্থাৎ হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন অণু দ্বি-পারমাণবিক (di-atomic)।

(ii) অক্সিজেন অণু দ্বি-পারমাণবিক (An oxygen molecule is diatomic) ঃ বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় 2 ml. হাইড্রোজেন ও 1 ml. অক্সিজেন মিলিয়া 2 ml. জলীয় বাষ্প বা গ্যাস তৈরী করে। সুতরাং অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী ঃ

2 ml. হাইড্রোজেনে আছে $2n$ হাইড্রোজেন [illegible] অক্সিজেনে আছে n অক্সিজেন অণু এবং 2 ml. জলীয় বাষ্পে আছে $2n$ জলীয় বাষ্পের অণু ; অর্থাৎ অণু সংখ্যা হিসাবে $2n$ হাইড্রোজেন অণু n অক্সিজেন অণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া গঠন করে $2n$ জল-অণু।

অথবা, 2 অণু হাইড্রোজেন$+1$ অণু অক্সিজেন গঠন করে 2 অণু জল ;

অথবা, 1 অণু হাইড্রোজেন$+\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন গঠন করে 1 অণু জল।

অর্থাৎ, একটি জল অণু গঠনের জন্য কমপক্ষে একটি হাইড্রোজেন অণু ও $\frac{1}{2}$ অক্সিজেন অণু প্রয়োজন। কিন্তু পরমাণুকে ভাগ করা যায় না। সুতরাং একটি অক্সিজেন অণু কমপক্ষে দুইটি পরমাণু দ্বারা গঠিত হইবে। তবেই $\frac{1}{2}$ অক্সিজেন অণুতে কমপক্ষে একটি অক্সিজেন পরমাণু পাওয়া সম্ভব। সুতরাং একটি অক্সিজেন অণুতে কমপক্ষে দুইটি পরমাণু বর্তমান। যেহেতু কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার পরীক্ষায়ই একটি অক্সিজেন অণুতে দুইটির বেশী পরমাণু পাওয়া যায় না, সেইহেতু অক্সিজেনের আণবিক সংকেত হইবে O_2; অর্থাৎ অক্সিজেনের অণু দ্বি-পারমাণবিক।

2. কোন গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন বা গুরুত্ব সেই গ্যাসের বাষ্প-ঘনত্বের দ্বিগুণ (Molecular weight of any gas is twice its vapour density) ঃ

সাধারণ গ্যাসের ঘনত্ব মাপা হয় আপেক্ষিক ঘনত্ব বা বাষ্প ঘনত্ব (relative density or vapour density) রূপে। গ্যাসের ঘনত্ব বলিতে সাধারণভাবে এরূপ আপেক্ষিক বা বাষ্প-ঘনত্বই বুঝায়।

সম-চাপ ও সম-উষ্ণতায় যে কোন গ্যাসের ওজন সম-আয়তন হাইড্রোজেনের তুলনায় যত গুণ ভারী সেই সংখ্যাই সেই গ্যাসের বাষ্প-ঘনত্ব বা আপেক্ষিক ঘনত্ব। অর্থাৎ 1 ml. হাইড্রোজেনের ওজনের তুলনায় 1 ml. পরিমাণ অন্য কোন গ্যাস যতগুণ ভারী তাহাই সেই গ্যাসের বাষ্প-ঘনত্ব। যথা ঃ

$$\text{বাষ্প ঘনত্ব } (D) = \frac{x \text{ ml. যে-কোন গ্যাসের ওজন}}{x \text{ ml. হাইড্রোজেনের ওজন}} \quad [x = \text{যে-কোন সংখ্যা}]$$

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী সম উষ্ণতায় ও সমচাপে x ml. যে কোন গ্যাসে যদি n অণু গ্যাস থাকে, তবে x ml. হাইড্রোজেনেও n অণু হাইড্রোজেন থাকে।

$$\text{সুতরাং দেখা যায় ঃ } D = \frac{n \text{ সংখ্যক যে কোন গ্যাস-অণুর ওজন}}{n \text{ সংখ্যক হাইড্রোজেন-অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{n \times 1 \text{ গ্যাস-অণুর ওজন}}{n \times 1 \text{ হাইড্রোজেনের অণুর ওজন}} = \frac{1 \text{ গ্যাস-অণুর ওজন}}{1 \text{ হাইড্রোজেন অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{1 \text{ গ্যাস-অণুর ওজন}}{2 \text{ হাইড্রোজেন-পরমাণুর ওজন}} \quad [\text{কারণ একটি হাইড্রোজেন অণু দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত}]$$

$$= \frac{1 \text{ গ্যাস-অণুর ওজন}}{2 \times 1 \text{ হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন}} = \frac{1 \text{ গ্যাস-অণুর ওজন}}{2 \times 1}$$

[একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন $= 1$ ধরিলে]

অর্থাৎ $2 \times D =$ **গ্যাসের আণবিক ওজন (M)**

তাই, অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী জানা যায়, **যে কোন গ্যাসের আণবিক ওজন সেই গ্যাসের আপেক্ষিক বা বাষ্প ঘনত্বের দ্বিগুণ**; অর্থাৎ, $M = 2 \times D$.

[হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 1·C08 (অক্সিজেন ভিত্তিক) ধরা হইলে এই সম্পর্কটি হইবে : $M = 2{\cdot}016 \times D$]

উদাহরণ : 1. প্রমাণ চাপ ও তাপে 1000 ml. কার্বন ডাই-অক্সাইডের (CO_2) ওজন 1·98 গ্রাম এবং 1000 ml. হাইড্রোজেনের ওজন ·09 গ্রাম। কার্বন ডাই-অক্সাইডের (CO_2) আণবিক ওজন কত ?

এখানে কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্প ঘনত্ব $= \frac{1{\cdot}98}{{\cdot}09} = 22$

সুতরাং ,, ,, আণবিক ওজন $= 2 \times D = 2 \times 22 = 44$

2. প্রমাণ চাপ ও তাপে এক লিটার (1000 ml.) অক্সিজেনের ওজন 1·429 গ্রাম, এবং এক লিটার হাইড্রোজেনের ওজন 0·09 গ্রাম। অক্সিজেনের আণবিক ওজন কত ?

এখানে অক্সিজেনের বাষ্প-ঘনত্ব $= \frac{1{\cdot}429}{{\cdot}09} = 16$ (প্রায়)

অর্থাৎ অক্সিজেনের আণবিক ওজন $= 2 \times D = 2 \times 16 = 32$.

3. কোন গ্যাসের আয়তনিক সংযুতি হইতে উহার সংকেত নির্ণয় (Determination of the molecular formula of a gas from its volumetric composition) :

কোন একটি গ্যাস (i) কি কি গ্যাসীয় মৌল দ্বারা গঠিত, (ii) সেই মৌলগুলি কিরূপ আয়তনে পরস্পরে সংযুক্ত এবং (iii) সেই গ্যাসের বাষ্প-ঘনত্ব কত—এরূপ তথ্যগুলি জানা সম্ভব হইলে যে-কোন গ্যাসীয় পদার্থের সংকেত নির্ণয় করা যায়। যথা :

(i) **জলের আণবিক সংকেত** (Molecular formula of water) :

বাস্তব পরীক্ষায় জানা যায় যে 2 ml. হাইড্রোজেন ও 1 ml. অক্সিজেন যুক্ত হইয়া 2 ml. জলীয় বাষ্প গঠন করে;

অর্থাৎ 2 ml. জলীয় বাষ্প গঠনের জন্য প্রয়োজন—

2 ml. হাইড্রোজেন + 1 ml. অক্সিজেন

অ্যাভোগাড্রোর সূত্র অনুযায়ী সম-উষ্ণতায় ও সম-চাপে 1 ml. পরিমাণ যে-কোন রকম গ্যাসে সম-সংখ্যক অণু পাওয়া যায়।

অর্থাৎ 1 ml. গ্যাস যদি থাকে n অণু, তবে 2 ml. জলীয় বাষ্পে থাকে $2n$ জলের অণু, 2 ml. হাইড্রোজেনে থাকে $2n$ হা[illegible] এবং 1 ml. অক্সিজেনে আছে n অক্সিজেন অণু

সুতরাং আয়তনের পরিবর্তে অণু-সংখ্যা অনুযায়ী বিক্রিয়াটি লেখা যায় :

$2n$ জলের অণু গঠনের জন্য প্রয়োজন $2n$ হাইড্রোজেন অণু $+ n$ অক্সিজেন অণু;

অর্থাৎ 2 জলের অণু গঠনের জন্য প্রয়োজন 2 হাইড্রোজেন অণু + 1 অকসিজেন অণু;

অথবা, 1 জলের অণু গঠনের জন্য প্রয়োজন 1 হাইড্রোজেন অণু + $\frac{1}{2}$ অক্সিজেন অণু

অর্থাৎ একটি **জলের অণু** গঠনের জন্য প্রয়োজন 2 **হাইড্রোজেন পরমাণু** ও 1 **অক্সিজেন পরমাণু** [কারণ, 1 হাইড্রোজেন অণু = 2 হাইড্রোজেন পরমাণু; 1 অক্সিজেন অণু = 2 অক্সিজেন পরমাণু]

সুতরাং একটি জল অণুতে আছে দুইটি হাইড্রোজেন (2H) পরমাণু এবং একটি অক্সিজেন (1-O) পরমাণু। তাই জলের আণবিক সংকেত H_2O। অনুরূপ পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, অ্যামোনিয়া ইত্যাদি গ্যাসীয় যৌগের আণবিক সংকেত নির্ণয় করা যায়।

(ii) **নাইট্রিক অক্সাইডের ফর্মুলা** (Molecular formula of nitric oxide) ঃ নাইট্রিক অক্সাইড নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন দ্বারা গঠিত এবং বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায়—2ml. নাইট্রিক অক্সাইডে আছে 1 ml. নাইট্রোজেন; সুতরাং অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী $2n$ নাইট্রিক অক্সাইড অণুতে আছে n-নাইট্রোজেন অণু;

অর্থাৎ 2 নাইট্রিক অক্সাইড অণুতে আছে 1 নাইট্রোজেন অণু অথবা 1 নাইট্রিক অক্সাইড অণুতে আছে $\frac{1}{2}$ নাইট্রোজেন অণু 1 অর্থাৎ 1 নাইট্রিক অক্সাইড অণুতে আছে 1 নাইট্রোজেন পরমাণু।

সুতরাং বলা যায় একটি নাইট্রিক অক্সাইড অণুতে একটি নাইট্রোজেন পরমাণু এবং n সংখ্যক অক্সিজেন পরমাণু আছে। তাহা হইলে নাইট্রিক অক্সাইডের ফর্মুলা $= NO_n$.

বাস্তব পরীক্ষা অনুযায়ী জানা আছে যে নাইট্রিক অক্সাইডের বাষ্প-ঘনত্ব $= 15$

সুতরাং নাইট্রিক অক্সাইডের আণবিক ওজন $= 15 \times 2 = 30$

[অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের উপ-সিদ্ধান্ত অনুযায়ী]

অর্থাৎ একটি (NO_n) অণুর ওজন $= 30$; ইহার অর্থ 1-N পরমাণু + n O-পরমাণু যুক্ত ওজন $= 30$; অথবা, $N + n \times O = 30$

নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ওজন $= 14$; অক্সিজেনের $= 16$.

তাই, $14 + 16 \times n = 30$; অথবা $n = 1$, সুতরাং ফর্মুলা → NO.

4. মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় (Determination of atomic weights of elements) ঃ

একটি হাইড্রোজেন বা অক্সিজেন বা কার্বনের পরমাণুর তুলনায় অন্য একটি মৌলিক পদার্থের পরমাণু যতগুণ ওজন তাহাই সেই মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন। এই পারমাণবিক ওজনের ব্যাখ্যা অন্যভাবে করা যায়। একটি মৌল অন্যান্য মৌলের সঙ্গে যুক্ত হইয়া অনেক যৌগ গঠন করিতে পারে। এইরূপ বিভিন্ন যৌগের একটি অণুতে মৌলটির পরমাণু একটি, দুইটি, তিনটি বা তার বেশি থাকিতে পারে। কিন্তু যেহেতু পরমাণুকে খণ্ড করা যায় না, তাই বিভিন্ন যৌগের মধ্যে মৌলটির **কমপক্ষে একটি পরমাণু** অবশ্যই থাকিবে। কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2), কার্বন মনক্সাইড (CO), মিথেন (CH_4), ইথেন (C_2H_6) ইত্যাদি কার্বনের বিভিন্ন যৌগের অণু মধ্যে কমপক্ষে একটি করিয়া কার্বন পরমাণু অবশ্যই থাকিবে। সুতরাং

এই কথাটিকে ঘুরাইয়া বলা যায় যে **কোন একটি মৌলের বিভিন্ন যৌগের ভিন্ন ভিন্ন আণবিক ওজনের মধ্যে সেই মৌলের যে ন্যূনতম ওজন পাওয়া যায় তাহাই সেই মৌলটির পারমাণবিক ওজন** (atomic weight)।

মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের এই পন্থা 1858 খ্রীষ্টাব্দে প্রথমে উদ্ভাবন করেন অ্যাভোগাড্রোর ছাত্র **ক্যান্নিজারো** (Cannizzaro)।

ক্যান্নিজারো পদ্ধতির মূলনীতি ঃ

কোন কোন মৌলের ন্যূনতম ওজন বাহির করিয়া উহার পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা যায় —নিম্নরূপ পদ্ধতিতে ঃ

(ক) প্রথমত, মৌলিক পদার্থটির কয়েকটির গ্যাসীয় যৌগ সংগ্রহ করা হয়।

(খ) দ্বিতীয়ত, এই যৌগগুলির বাষ্প-ঘনত্ব মাপিয়া ইহাদের আণবিক ওজন নির্ণয় করা হয়, যথা ঃ $2\times$ বাষ্প ঘনত্ব (D)=আণবিক ওজন (M);

(গ) তৃতীয়ত, বিভিন্ন যৌগের আণবিক ওজনে মধ্যে **মৌলিক পদার্থটির নিজস্ব ওজন** কত তাহা যৌগগুলি বিশ্লেষণ করিয়া বাহির করা হয়; এবং

(ঘ) চতুর্থত, এইভাবে বিশ্লেষণের পর বিভিন্ন যৌগে মধ্যে **মৌলটির যে ন্যূনতম ওজন** (minimum weight) পাওয়া যায় তাহাই সেই মৌলের একটি মাত্র পরমাণুর ওজন, এবং ইহাই মৌলটির পারমাণবিক ওজন বলিয়া নির্ধারিত করা হয়।

(i) **অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়** (Determination of atomic wt. of oxygen) ঃ অক্সিজেন অনেক গ্যাসীয় যৌগ গঠন করে। যথা ঃ জল (H_2O) কার্বন মনক্সাইড (CO), কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2), সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3), নাইট্রিক অক্সাইড (NO) ইত্যাদি। এই যৌগগুলি বিশ্লেষণে পাওয়া যায় ঃ

অক্সিজেনের যৌগ	বাষ্প-ঘনত্ব	আণবিক ওজন	একটি মাত্র যৌগ অণুতে অক্সিজেনের ওজন
জলীয় বাষ্প	9	18	16
কার্বন মনক্সাইড	14	28	16
কার্বন ডাই-অক্সাইড	22	44	16×2
সালফার ডাই-অক্সাইড	32	64	16×2
সালফার ট্রাই-অক্সাইড	40	80	16×3
নাইট্রিক অক্সাইড	15	30	16

অক্সিজেনের এই যৌগগুলির মধ্যে বিভিন্ন ওজনে অক্সিজেন পাওয়া যায়। এই ওজনগুলির মধ্যে **অক্সিজেনের সবচেয়ে কম ওজন** 16; সুতরাং এই সংখ্যা একটিমাত্র অক্সিজেন পরমাণুর ওজন অর্থাৎ অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16.

এই পদ্ধায় শুধু সেইরূপ মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা সম্ভব যে পদার্থগুলি একাধিক গ্যাসীয় যৌগ গঠন করিতে পারে। ধাতু জাতীয় মৌলিক পদার্থগুলি গ্যাসীয় যৌগ গঠন করিতে পারে না। তাই এই পদ্ধতিতে ধাতুর পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা সম্ভব নয়। কার্বন ও নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের উদাহরণ ঃ

(ii) **কার্বনের পারমাণবিক ওজন** (At. wt. of carbon)) ঃ কার্বন অনেক গ্যাসীয় যৌগিক পদার্থ গঠন করে। তার মধ্যে কার্বন মনক্সাইড (CO), কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2), মিথেন (CH_4), ইথেন (C_2H_6) উল্লেখযোগ্য। এই যৌগগুলির বাষ্প-ঘনত্ব এবং ইহাদের মধ্যে কার্বনের ওজন নির্ণয় করিলে দেখা যায় ঃ

কার্বনের যৌগ	**বাষ্প-ঘনত্ব**	**আণবিক ওজন**	**আণবিক ওজনে কার্বনের ওজন**
কার্বন মনক্সাইড	14	28	12
কার্বন-ডাই-অক্সাইড	22	44	12
মিথেন	8	16	12
ইথেন	15	30	12×2

কার্বনের বিভিন্ন যৌগের মধ্যে কার্বনের **ন্যূনতম ওজন**—12; সুতরাং কার্বনের পারমাণবিক ওজন 12.

(iii) **নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ওজন** (At. wt. of nitrogen)ঃ নাইট্রোজেনের বিভিন্ন গ্যাসীয় যৌগের মধ্যে অ্যামোনিয়া (NH_3), নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O), নাইট্রিক অক্সাইড (NO), নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (NO_2) এবং নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড (N_2O_3) কয়েকটি উদাহরণ। এই যৌগগুলির বাষ্প-ঘনত্ব, ইহাদের মধ্যে নাইট্রোজেনের ওজন নির্ণয় করিলে দেখা যায় ঃ

নাইট্রোজেনের যৌগ	**বাষ্প-ঘনত্ব**	**আণবিক ওজন**	**একটি যৌগ অণুতে নাইট্রোজেনের ওজন**
অ্যামোনিয়া	8·5	17	14
নাইট্রাস অক্সাইড	22	44	14×2
নাইট্রিক অক্সাইড	15	30	14
নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড	23	46	14
নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড	38	76	14×2

নাইট্রোজেনের এই যৌগগুলির মধ্যে নাইট্রোজেনের **ন্যূনতম ওজন**—14, সুতরাং নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ওজন—14.

গ্রাম-পরমাণু ও গ্রাম-অণু (Gram-atom and Gram-Molecule) ঃ

অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যার (Avogardo's Number) তাৎপর্য অনুধাবনের পূর্বে গ্রাম-

পরমাণু বা গ্রাম-পারমাণবিক ওজন এবং গ্রাম-অণু বা গ্রাম-আণবিক ওজনের সংজ্ঞা এবং তাহার তাৎপর্য জানা প্রয়োজন।

(i) **গ্রাম-পরমাণু বা গ্রাম-পারমাণবিক ওজন** (Gram-atom or Gram-atomic weight) : কোন মৌলের একটি পরমাণুর ওজন গ্রামরূপে ব্যক্ত করিলে সেই ওজনের সংখ্যাটি যদি ইহার পারমাণবিক ওজনের সংখ্যার সমান হয়, তবে সেই ওজনকে বলা হয় মৌলটির এক গ্রাম-পরমাণু বা মৌলটির গ্রাম-পারমাণবিক ওজন।

সরলার্থে বলা যায় যে, কোন মৌলের পারমাণবিক ওজনকে গ্রাম হিসাবে প্রকাশ করা হইলে তাহাকে গ্রাম-পারমাণবিক ওজন বা গুরুত্ব (Gram-atomic weight) অথবা গ্রাম পরমাণু (Gram-atom) বলা হয়।

একটি গ্রাম-পরমাণু বা গ্রাম-পারমাণবিক ওজনের অর্থ এই যে ইহা অগণিত পরমাণুর সমষ্টির ওজন। হাইড্রোজেন, কার্বন, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম ইত্যাদির গ্রাম-পরমাণু বা গ্রাম-পরামাণবিক ওজন যথাক্রমে—2 গ্রাম, 12 গ্রাম, 14 গ্রাম, 16 গ্রাম, 23 গ্রাম, 40 গ্রাম ইত্যাদি।

(ii) **গ্রাম-অণু বা গ্রাম-আণবিক ওজন** (Gram-Molecule or Mole or Gram-Molecule) : (কোন যৌগের একটি অণুর ওজন গ্রামরূপে ব্যক্ত করিলে সেই ওজনের সংখ্যাটিকে যদি ইহার আণবিক ওজনের সংখ্যার সমান হয়, তবে সেই ওজনকে গ্রাম-অণু (Gram-Molecule) বা মোল (Mole) অথবা গ্রাম-আণবিক ওজন (Gram-Molecular weight) বলা হয়।)

সরলার্থে বলা যায় যে, কোন যৌগের আণবিক ওজন গ্রাম হিসাবে প্রকাশ করা হইলে তাহাকে গ্রাম-অণু বা মোল বা গ্রাম-আণবিক ওজন বলা হয়।

জলের (H_2O) গ্রাম-অণু বা গ্রাম-আণবিক ওজন 18 গ্রাম; অনুরূপভাবে লবণের (NaCl) 58·5 গ্রাম; নাইট্রিক অ্যাসিডের (HNO_3) 63 গ্রাম ইত্যাদি।

গ্রাম-পারমাণবিক ওজন দ্বারা যেমন কোন মৌলের একটি পরমাণুর যথার্থ ওজন বোঝায় না,—বোঝায় অগণিত পরমাণু-সমষ্টির ওজন,—সেইরূপ গ্রাম-অণু বা মোল অথবা গ্রাম-আণবিক ওজন দ্বারা কোন যৌগের যথার্থ আণবিক ওজন বোঝায় না,—বোঝায় সেই যৌগের অগণিত অণুর ওজন।

গ্রাম-পরমাণু এবং গ্রাম-অণুর তাৎপর্য পরে **মোলের ধারনা** (Mole Concept) প্রসঙ্গে বিস্তারিত আলোচনা করা হইবে।

5. প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় (N.T.P.) এক গ্রাম-অণু (one gram-molecule) ওজনের যে কোন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন 22·4 লিটার।

যে-কোন মৌল বা যৌগের **এক গ্রাম-আণবিক ওজন** তথা **এক 'মোল'** (mole) পরিমাণ পদার্থকে সম-চাপ ও সম-তাপমাত্রায় গ্যাসীয় অবস্থায় পরিণত করিলে যত আয়তন

গ্যাস তৈরী হইবে তাহা প্রতিটি পদার্থের ক্ষেত্রেই সমান। অর্থাৎ অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী যে-কোন মৌল বা যৌগকে ইহার গ্রাম-আণবিক ওজন পরিমাণে, সম-চাপ ও সম-তাপমাত্রায়, গ্যাসীয় অবস্থায় পরিণত করিলে সর্বক্ষেত্রে ঐ গ্যাসের আয়তন সমান হইবে। প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় (N.T.P.-তে) এক গ্রাম-আণবিক পরিমাণ যে-কোন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন 22·4 লিটার বা 22400 ml.; পদার্থ মৌল বা যৌগ যাহাই হউক না কেন এক গ্রাম-অণু পরিমাণ যে-কোন পদার্থকে গ্যাসীয় অবস্থায় পরিণত করিলে সব সময়ে একই নির্দিষ্ট আয়তনের গ্যাস পাওয়া যাইবে। যথা:

গ্যাসীয় পদার্থ মৌল বা যৌগ	গ্রাম আণবিক ওজন	আয়তন N.T.P.-তে
অক্সিজেন (O_2)	16+16=32 গ্রাম	22·4 লিটার
নাইট্রোজেন (N_2)	14+14=28 গ্রাম	22·4 লিটার
জলীয় বাষ্প (H_2O)	2+16=18 গ্রাম	22·4 লিটার
কার্বন-ডাই-অক্সাইড (CO_2)	12+32=44 গ্রাম	22.4 লিটার

প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় এক গ্রাম-আণবিক ওজনের গ্যাসের আয়তন যে 22·4 লিটার তাহা সহজেই প্রমাণ বা নির্ণয় করা যায়। যথা:

বাষ্প-ঘনত্বের সূত্র অনুযায়ী প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় (N.T.P.) যে-কোন গ্যাসের বাষ্প ঘনত্বের (D) অর্থ:

$$D \text{ (বাষ্প ঘনত্ব)} = \frac{1000 \text{ ml. গ্যাসের ওজন}}{1000 \text{ ml. হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$= \frac{1 \text{ লিটার গ্যাসের ওজন}}{\cdot 0898 \text{ গ্রাম}}$$ [কারণ, N.T.P.-তে 1000 ml. হাইড্রোজেনের ওজন =·0898 গ্রাম।]

সুতরাং N.T.P.-তে 1 লিটার যে-কোন গ্যাসের ওজন

$$= \text{সেই গ্যাসের বাষ্প ঘনত্ব (D)} \times \cdot 0898 \text{ গ্রাম}$$

$$= D \times \cdot 0898 \text{ গ্রাম} = \frac{M}{2} \times \cdot 0898 \text{ গ্রাম}$$

[কারণ, অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী আণবিক ওজন (M)=2× বাষ্প-ঘনত্ব (D) অর্থাৎ, $M = 2 \times D$; $\therefore \; D = \frac{M}{2}$]

উপরের হিসাবটিকে বিপরীতভাবে প্রকাশ করিয়া লেখা যায় যে, $\left(\frac{M}{2} \times \cdot 0898\right)$ গ্রাম পদার্থটিকে গ্যাসীয় অবস্থায় পরিণত করিতে, N.T.P.-তে, ইহার আয়তন হইবে 1 লিটার বা 1000 ml.

সুতরাং M গ্রাম পদার্থ হইতে উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন N.T.P. তে হইবে

$$=\frac{1\times 2}{\cdot 0898} \text{ লিটার} = 22\cdot 27 \text{ লিটার}$$

[অক্সিজেন-একক (O=16) অনুযায়ী পারমাণবিক গুরুত্ব মাপা হইলে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব হইবে 1·008 ; হাইড্রোজেনের এরূপ ওজন অনুযায়ী এক গ্রাম-অণুর আয়তন (N.T.P.-তে) হইবে : $\frac{1\cdot 008\times 2}{\cdot 0898}=22\cdot 4$ লিটার

সুতরাং N.T.P.-তে গ্রাম-আণবিক ওজনের যে-কোন গ্যাসের আয়তন হইবে 22·4 লিটার বা 22400 ml.

মোলার বা গ্রাম-মলিকুলার আয়তন (Molar or Gram-Molecular Volume) : প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় বা উষ্ণতায় এক মোল বা গ্রাম-অণু যে-কোন গ্যাসের আয়তন 22·4 লিটার। এই মোলার পরিমাণের গ্যাসের আয়তনকে বলা হয় **মোলার আয়তন**। অর্থাৎ প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় যে আয়তনে এক মোলার পরিমাণ গ্যাস পাওয়া যায় সেই আয়তনকে বলা হয় **মোলার আয়তন**। এরূপ আয়তনে সর্বদা $6\cdot 023\times 10^{23}$ সংখ্যক অণু পাওয়া যায়।

6·4. অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা (Avogadro's Number) : **যে কোন গ্রাম-আণবিক পরিমাণ** (gram-molecule) **পদার্থে সমসংখ্যক অণু বর্তমান। এই সংখ্যাকে বলা হয় অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা।**

সুতরাং এই সংজ্ঞানুযায়ী 32 গ্রাম অক্সিজেন (1 গ্রাম-অণু), 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড (1 গ্রাম-অণু), 18 গ্রাম জল (1 গ্রাম-অণু) ; অর্থাৎ 1 গ্রাম-অণু পরিমাণ যে-কোন পদার্থে একই সংখ্যক অণু পাওয়া যায় বলিয়া বিভিন্ন পদার্থের 1 গ্রাম-অণুর ওজন বিভিন্ন হইলেও অণুর সংখ্যা সমান এবং সম চাপ ও উষ্ণতায় ইহাদের মোলার আয়তনও সমান।

এই অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা $(N)=6\cdot 023\times 10^{23}=602,300,000,000,000,000,000,000$

অর্থাৎ, 1 গ্রাম-অণু পরিমাণ যে-কোন পদার্থে সব সময় অণুর সংখ্যা হইবে $6\cdot 023\times 10^{23}$, এবং সংখ্যাটি নির্ভুলভাবে নির্ণয় করেন বিজ্ঞানী **মিলিকান** (Millikan)। সেইরূপ যে কোন গ্রাম-পরমাণুর (gram-atom) মধ্যে পরমাণুর সংখ্যা হইবে—$6\cdot 023\times 10^{23}$. 602

অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যার সাহায্যে যে-কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণুর ওজন নির্ণয় করা যায়। এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেনের ওজন 2 গ্রাম এবং গ্রাম-পরমাণু হাইড্রোজেনের ওজন 1 গ্রাম এবং এই 1 গ্রাম-হাইড্রোজেনের মধ্যে আছে $6\cdot 023\times 10^{23}$ সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু।

সুতরাং একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন হইবে :

$$\frac{1}{6\cdot 023\times 10^{23}}=1\cdot 66\times 10^{-24}$$

$$=\cdot 000,000,000,000,000,000,000,00166 \text{ গ্রাম।}$$

অর্থাৎ, $\dfrac{\text{যে-কোন পদার্থের গ্রাম-অণুর ওজন}}{\text{অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা}}$ = একটি অণুর ওজন ;

এবং $\dfrac{\text{যে-কোন মৌলিক পদার্থের গ্রাম-পরমাণুর ওজন}}{\text{অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা}}$ = একটি পরমাণুর ওজন।

বিভিন্ন পদ্ধতিতে অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা নির্ণয় করিয়া প্রায় একই সংখ্যা পাওয়া গিয়াছে। ইহাতে অণুর অস্তিত্ব নির্ভুলভাবে প্রমাণিত হইয়াছে। কারণ, প্রথম অণুর কল্পনা করিয়াই অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা স্থির করা হইয়াছে। বাস্তব পরীক্ষায়ও এই সংখ্যার নির্ভুলতা প্রমাণিত হইয়াছে।

উদাহরণ ঃ 1. 250 ml. একটি গ্যাসের N.T.P.-তে 0·7317 গ্রাম ওজন হয়। N.T.P.-তে হাইড্রোজেনের ঘনত্ব লিটার-প্রতি 0·08987 গ্রাম। গ্যাসটির বাষ্প-ঘনত্ব কত? উহার আণবিক ওজন বাহির কর।

প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 250 ml. প্রদত্ত গ্যাসের ওজন 0·7317 গ্রাম।

∴ 1 লিটার গ্যাসের ওজন $= 0{\cdot}7317 \times 4 = 2{\cdot}9268$ গ্রাম।

আবার, প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন গ্যাসের ঘনত্ব প্রতি লিটারে 0·08987 গ্রাম।

অর্থাৎ, 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন = 0·08987 গ্রাম

$$\text{সুতরাং গ্যাসটির বাষ্প-ঘনত্ব} = \frac{2{\cdot}9268}{0{\cdot}08987} = 32$$

অতএব, উহার আণবিক ওজন = বাষ্প-ঘনত্ব $\times 2 = 32 \times 2 = 64$.

2. N.T.P.-তে নাইট্রিক অক্সাইডের ঘনত্ব লিটার-প্রতি 1·3402 গ্রাম ও অক্সিজেনের ঘনত্ব 1·4290 গ্রাম। নাইট্রিক অক্সাইডের আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

$$\text{অক্সিজেনের তুলনায় নাইট্রিক অক্সাইডের বাষ্প-ঘনত্ব} = \frac{1{\cdot}3402}{1{\cdot}4290}$$

$$\text{সুতরাং উহার আণবিক ওজন} = \frac{1{\cdot}3402}{1{\cdot}4290} \times 32 = 30.$$

3. একটি যৌগের সংযুতি ঃ $C = 92{\cdot}30\%$ ও $H = 7{\cdot}70\%$. ইহার বাষ্প-ঘনত্ব $(H=1) = 39$. যৌগটির আণবিক ওজন কত?

স্ব স্ব পারমাণবিক ওজন দিয়া রাশিগুলিকে ভাগ করিলে পাওয়া যায় —

$C = 92{\cdot}30/12 = 7{\cdot}70;\ H = 7{\cdot}70/1 = 7{\cdot}70$

সুতরাং, C ঃ H = 7·7 ঃ 7·7 = 1 ঃ 1

সুতরাং যৌগের স্থূল সংকেত CH ; ∴ যৌগের আণবিক সংকেত $(CH)_n$

[illegible] সংখ্যা। যৌগের বাষ্প-ঘনত্ব = 39 ∴ আণবিক ওজন = 78

∴ $(CH)_n = (12+1)n = 13n = 78$

বা, $n = 6$; অতএব, যৌগের আণবিক সংকেত $(CH)_6 = C_6H_6$.

4. অক্সিজেনের ঘনত্ব লিটার-প্রতি 1·429 গ্রাম হইলে, এক গ্রাম-আণবিক (গ্রাম-মোল) ওজনের অক্সিজেনের আয়তন N.T.P.-তে কত হইবে ?

অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16, যেহেতু অক্সিজেনের প্রতি অণুতে দুইটি পরমাণু আছে, উহার আণবিক ওজন $=16\times2=32$; সুতরাং, উহার গ্রাম-আণবিক ওজন 32 গ্রাম।

32 গ্রাম অক্সিজেনের প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় আয়তন $\frac{M}{D}=\frac{32}{1\cdot429}=22\cdot4$ লিটার।

5. 17°C ও 740 mm. চাপে 0·245 গ্রাম কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাসের আয়তন কত হইবে ?

কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের আণবিক সংকেত CO_2. উহার আণবিক ওজন $=12+32=44$.

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের অনুসিদ্ধান্ত হইতে আমরা জানি যে, এক গ্রাম-অণু বা 44 গ্রাম CO_2 গ্যাসের আয়তন প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় 22·4 লিটার।

$\therefore$ 0·245 গ্রাম CO_2 গ্যাসের আয়তন প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায়

$$\frac{22\cdot4\times0\cdot245}{44} \text{ লিটার ।}$$

ধরা যাক, প্রদত্ত চাপে (740 mm.) ও তাপমাত্রায় (17°C) ঐ পরিমাণ CO_2 গ্যাসের আয়তন V লিটার।

তাহা হইলে চার্লস্ ও বয়েল সূত্রানুযায়ী

$$V=\frac{22\cdot4\times0\cdot245}{44}\times\frac{290}{273}\times\frac{760}{740}=0\cdot136 \text{ লিটার বা } 136 \text{ ml.}$$

6. (a) N.T.P.-তে অ্যামোনিয়া গ্যাসের ঘনত্ব লিটার-প্রতি কত গ্রাম হইবে ও (b) 15°C ও 750 mm. চাপে 125 ml. গ্যাসটির ওজন কত হইবে। (হাইড্রোজেনের ঘনত্ব N.T.P.-তে লিটার-প্রতি 0·09 গ্রাম)।

(a) অ্যামোনিয়া গ্যাসের আণবিক ওজন $=14+3=17$

সুতরাং, উহার বাষ্প-ঘনত্ব $=\frac{17}{2}=8\cdot5$

অর্থাৎ, উহা হাইড্রোজেন অপেক্ষা 8·5 গুণ ভারি।

হাইড্রোজেন গ্যাসের ঘনত্ব প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 0·09 গ্রাম প্রতি লিটারে।

সুতরাং, প্রমাণ অবস্থায় (N.T.P.-তে) অ্যামোনিয়া গ্যাসের ঘনত্ব

$$=0\cdot09\times8\cdot5=0\cdot765 \text{ গ্রাম প্রতি লিটারে।}$$

(b) অ্যামোনিয়া গ্যাসের আয়তন 15°C ও 750 mm. চাপে দেওয়া আছে 125 ml.

ধর, উহার আয়তন প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় V ml.

তাহা হইলে চার্লস্ ও বয়েল সূত্রানুযায়ী

$$V=125\times\frac{273}{288}\times\frac{750}{760} \text{ ml.}=113 \text{ ml.}$$

এক গ্রাম-অণু NH_3 গ্যাসের আয়তন প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 22400 ml.

সুতরাং 113 ml. অ্যামোনিয়া গ্যাসের ওজন $=\frac{113}{22400}$ গ্রাম-অণুর ওজন

$$=\frac{113}{22400}\times 17=0{\cdot}085 \text{ গ্রাম।}$$

(যেহেতু এক গ্রাম অণু $NH_3=14+3=17$ গ্রাম)

7. একটি গ্যাসের N.T.P.-তে 560 ml.-র ওজন 3·10 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব কত?

প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 560 ml. গ্যাস $=\frac{560}{22400}$ গ্রাম-অণু গ্যাস।

আবার যদি গ্যাসটির আণবিক ওজন M ধরা হয়, তাহা হইলে 3·10 গ্রাম গ্যাস $=\frac{3{\cdot}10}{M}$ গ্রাম-অণু গ্যাস।

সুতরাং, $\frac{3{\cdot}10}{M}=\frac{560}{22400}$ অথবা, $M=\frac{3{\cdot}10\times 22400}{560}=124$ গ্রাম।

প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 22400 ml. কোন গ্যাসের ওজন ঐ গ্যাসের এক গ্রাম-অণুর সমান।

সুতরাং গ্যাসটির আণবিক ওজন $=124$.

8. N.T.P.তে হিলিয়ামের ঘনত্ব লিটার-প্রতি 0·1785 গ্রাম। হিলিয়াম এক পরমাণু-বিশিষ্ট গ্যাস হইলে, উহার পারমাণবিক ওজন কত?

N.T.P.তে 1 লিটার হিলিয়াম গ্যাসের ওজন 0·1785 গ্রাম

∴ 22·4 লিটার ,, ,, ,, $0{\cdot}1785\times 22{\cdot}4=3{\cdot}998$ গ্রাম।

অতএব, হিলিয়ামের আণবিক ওজন 3·998

কিন্তু, হিলিয়াম গ্যাসের অণুতে একটি মাত্র পরমাণু আছে, সুতরাং উহার আণবিক ও পারমাণবিক ওজন একই।

∴ হিলিয়ামের পারমাণবিক ওজন $=3{\cdot}998$

9. একটি গ্যাসের 0·034 গ্রাম 27°C ও 760 mm চাপে 30 ml. আয়তন হয়। গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

27°C এবং 760 mm. চাপে গ্যাসটির 30 ml. যদি প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে V ml. হয় তবে, $V=\frac{273\times 30}{300}=27{\cdot}3$ ml.

অ্যাভোগাড্রোর সূত্রানুযায়ী জানি যে, এক গ্রাম-অণু যে কোন গ্যাসের আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার বা 22400 ml.

27·3 ml. (প্রমাণ অবস্থায়) গ্যাসের ওজন $=0·034$ গ্রাম

$\therefore$ 22400 ml. ,, ,, ,, $=\dfrac{22400 \times 0·034}{27·3}=27·89$ গ্রাম।

সুতরাং, গ্যাসটির এক গ্রাম-অণু $=27·89$ গ্রাম অর্থাৎ, উহার আণবিক ওজন $=27·89$.

10. N.T.P.তে 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের আয়তন কত ? এই অবস্থায় 1 লিটার হাইড্রোজেনে কতগুলি অণু আছে ?

অ্যাভোগাড্রোর সূত্রানুযায়ী, এক গ্রাম-অণু যে কোন গ্যাসের প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 22·4 লিটার আয়তন হয়। অতএব, 2 গ্রাম হাইড্রোজেনের প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার আয়তন।

সুতরাং 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের আয়তন (প্রমাণ অবস্থায়) $\dfrac{22·4}{2}$ লি. $=11·2$ লিটার।

আবার, আমরা জানি, এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন (অথবা যে কোন গ্যাসে) $6·023 \times 10^{23}$ সংখ্যক **(অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা)** অণু আছে।

এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেনে N.T.P. তে 22·4 লিটার আয়তন অধিকার করে।

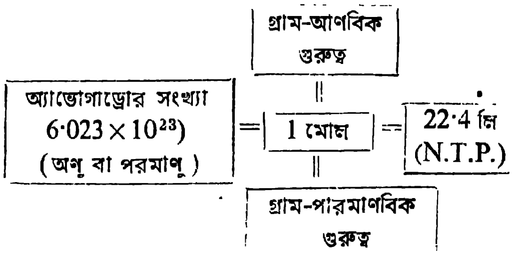
সুতরাং 1 লিটার হাইড্রোজেনে প্রমাণ অবস্থায়—

$$\frac{6·023 \times 10^{23}}{22·4}=2·7 \times 10^{22}$$ সংখ্যক অণু থাকিবে।

[দ্রঃ উদাহরণ 5, 6 ও 9 সপ্তম পরিচ্ছেদ পঠনের পর অনুধাব্য।]

6·5. মোল-কল্প বা মোলের ধারণা (Mole concept) ঃ

অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যার তাৎপর্য শুধু অণুর ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নয়—ইহা সম-ভাবে পরমাণু, আয়ন ও ইলেকট্রনের ন্যায় কণার ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য। এক-গ্রাম-পরমাণু (gram-atom), এক গ্রাম অণু (gram-molecule) বা এক গ্রাম-আয়নে যথাক্রমে সমসংখ্যক পরমাণু, অণু বা আয়ন থাকে এবং এরূপ সংখ্যা—$6·023 \times 10^{23}$; এক গ্রাম পরমাণু, গ্রাম অণু বা গ্রাম-আয়নকে সাধারণভাবে বলা হয় **এক মোল** (Mole); এই মোলের তাৎপর্য অণু ও পরমাণুর সংখ্যা ও গুরুত্ব এবং প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় এক গ্রাম-অণুর গ্যাসীয় আয়তনের সঙ্গে যুক্ত। যথা ঃ



মোল (Mole) শব্দ দ্বারা একদিকে পদার্থের পারমাণবিক বা আণবিক গুরুত্ব তথা তৌলিক (ওজনগত) তাৎপর্য এবং আয়তনিক তাৎপর্য বোঝায়, অন্যদিকে বোঝায় এক

গ্রাম-পারমাণবিক বা গ্রাম আণবিক পরিমাণ পদার্থের মধ্যে পরমাণু বা অণুকণার সংখ্যা ($6·023 \times 10^{23}$); অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা নির্ণয়ের ফলে **মৌলের ধারণা** সৃষ্টি হয় এবং যদিও **মোলের** মধ্যে তৌলিক তাৎপর্য বর্তমান, তথাপি ইহার সংখ্যাবাচক তাৎপর্যের উপরে প্রধান গুরুত্ব আরোপ করেন রসায়ন বিজ্ঞানী মহল। এই **মোলের ধারণাকে সংখ্যা-বাচক তাৎপর্যে,—রাসায়নিক গণনার ক্ষেত্রে একটি বৃহত্তর একক** (bigger unit) **রূপে ব্যবহার করার পদ্ধতি প্রবর্তন করা হয়। মোল একক** (Mole unit) ব্যবহার করিয়া জটিল রাসায়নিক গণনা সহজে সম্পন্ন করা যায় এবং বর্তমানে বিশেষ করিয়া গ্যাসীয় এবং দ্রবণ জাতীয় পদার্থের ক্ষেত্রে এরূপ **মোল-একক** ব্যাপকভাবে প্রয়োগ করা হয়। এরূপ একক কোন কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় অবস্থায় প্রাপ্ত কোন মৌল বা যৌগে কত সংখ্যক পরমাণু বা অণু বর্তমান,—তাহার সংকেত বহন করে। "এক মোল অক্সিজেন" অথবা "এক মোল কার্বন ডাই-অক্সাইড"—এরূপ বাক্য মোল ইয়ুনিটের সুস্পষ্ট নির্দেশক নয়—ইহার পরিবর্তে লেখা প্রয়োজন,—"এক মোল অক্সিজেন পরমাণু" অথবা "এক মোল কার্বন ডাই-অক্সাইড অণু"।

মোল এককের তাৎপর্যে **অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা** (Avagardo's Number)-এর বিশেষ সংজ্ঞা লেখা যায়ঃ 12 **পারমাণবিক ওজনের** (C^{12}) 12 **গ্রাম কার্বনের মধ্যে যে সংখ্যক পরমাণু পাওয়া যায় সেই সংখ্যাকে বলা হয় অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা (N); যেকোন এক মোল মৌল বা যৌগে বর্তমান থাকে অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যক ($6·023 \times 10^{23}$)পরমাণু বা অণু।**

কয়েকটি পদার্থের ওজন, আণবিক ওজন, অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা এবং মোলের সম্পর্ক নিম্নরূপ :

পদার্থ	পদার্থের ওজন (গ্রাম)	আণবিক ওজন (গ্রাম)	$N(6·023 \times 10^{23})$	মোল
H_2	2	2	N	1
H_2	10	2	5N	5
O_2	16	32	N	1
O_2	80	32	2·5N	2·5
CO_2	44	44	N	1
CO_2	55	44	1·25N	1·25
H_2O	18	18	N	1

সুতরাং দেখা যায় যে কোন পদার্থের প্রকৃত ওজন উল্লেখ না করিয়া ইহার মোলের সংখ্যা ব্যবহার করিয়া এরূপ পদার্থ কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কত গ্রাম ব্যবহৃত হইয়াছে তাহা বলা যায়।

6·6. মোল-এককের ব্যবহার (Use of Mole-unit) :

রাসায়নিক গণনায়, রাসায়নিক পদার্থের প্রস্তুতির ক্ষেত্রে, বিশেষ করিয়া গ্যাসীয় এবং দ্রবণ জাতীয় পদার্থের ধর্মাবলী ব্যাখ্যায় মোল-একক পদ্ধতির প্রয়োগ বিশেষভাবে উপযোগী। বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পদার্থের প্রকৃত ওজন উল্লেখ না করিয়া মোল-একক প্রয়োগ করিয়া গণনা সরল ও সহজসাধ্য করা যায়। যথা : $H_2SO_4+NaCl=NaHSO_4+HCl$—এরূপ বিক্রিয়ায় 98 গ্রাম H_2SO_4 সাধারণ লবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় 36·5 গ্রাম HCl উৎপন্ন করে। মোল একক হিসাবে ইহা বলা যায় যে 1-মোল H_2SO_4 লবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় 1-মোল HCl উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াটি বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ যৌগের **মোলের অনুপাত** (Molar proportion) অনুযায়ী ব্যক্ত করিলে বলা যায় যে H_2SO_4 এবং NaCl **সম-মৌলীয় অনুপাতে** (Equimolar proportion) পরস্পরের বিক্রিয়া ঘটায়। এইভাবে গ্যাস ও লঘু-দ্রবণের ভৌতধর্মের গাণিতিক পদ্ধতিতে পদার্থের ঘনত্ব বা গাঢ়তা (concentration) মোল হিসাবে ব্যক্ত করা যায়।

মোলার দ্রবণ (Molar solution) : এক লিটার দ্রবণে এক গ্রাম-অণু অথবা গ্রাম-আণবিক ওজনের পদার্থ দ্রবীভূত করিলে যে দ্রবণ তৈরী হয় তাহাকে বলা হয় মোলার দ্রবণ।

সুতরাং যত মোল দ্রাব (solute) প্রতি লিটার দ্রবণে দ্রবীভূত থাকে সেই মোল-সংখ্যাকে (number of moles) বলা হয় **দ্রবণের মোলারিটি** (Molarity of a solution), যথা :

$$\text{মোলারিটি}(M)=\frac{\text{দ্রাবের মোল সংখ্যা}}{\text{দ্রাবকের লিটার সংখ্যা}}$$

সোডিয়াম কার্বনেটের (Na_2CO_3) আণবিক গুরুত্ব—106 ; সুতরাং 1 লিটার জলে 106 গ্রাম Na_2CO_3 দ্রবীভূত করিলে একটি **মোলার দ্রবণ** তৈরী হইবে।

মোল-সংখ্যা নির্ণয় : এক-মোল পদার্থ দ্বারা গ্রাম হিসাবে ইহার পারমাণবিক বা আণবিক ওজন বোঝায় এবং এরূপ এক-মোল পরমাণু বা এক মোল অণুতে থাকে —$6{\cdot}023\times10^{23}$ পরমাণু বা অণু। সুতরাং কোন পদার্থের মধ্যে মোলের সংখ্যা কত তাহা সহজেই নির্ণয় করা যায়। যথা :

$$\text{মোলের সংখ্যা}=\frac{\text{গ্রাম হিসাবে মৌল/যৌগের ওজন}}{\text{উহার এক গ্রাম-মোল}}$$

$$=\frac{\text{পদার্থের ওজন}}{\text{পারমাণবিক/আণবিক ওজন (গ্রামে)}}$$

যদিও **মোলের সংখ্যা** তৌলিক উপায়ে নির্ণয় করা হয়, তথাপি ইহার নির্দিষ্ট ওজনের চেয়ে নির্দিষ্ট সংখ্যক কণার পরিচায়করূপে অনুধাবণ করা অধিকতর উপযোগী। **এক মোল সর্বদা অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা ($6{\cdot}023\times10^{23}$) বোঝায়, কিন্তু বিভিন্ন পদার্থের ক্ষেত্রে এক-মোল বিভিন্ন ওজন নির্দিষ্ট করে।**

উদাহরণ ঃ 1. 12 গ্রাম কার্বন মনোক্সাইড অতিরিক্ত অক্সিজেনের মধ্যে দহণের ফলে কত ওজনের কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী হয় এবং কত অক্সিজেন প্রয়োজন হয়?



বিক্রিয়া ঃ $2CO+O_2=2CO_2$

(i) অর্থাৎ 2 মোল CO 2 মোল CO_2 উৎপন্ন করে। অথবা যত মোল CO ব্যবহৃত হয়, তত মোল CO_2 উৎপন্ন হয়।

$$\text{CO-এর মোল-সংখ্যা}=\frac{\text{CO-এর ওজন}}{\text{CO-এর আণবিক ওজন}}=\frac{12}{28}=0{\cdot}429$$

সুতরাং CO_2 -এর মোল সংখ্যা$=0{\cdot}429$

CO_2-এর ওজন$=CO_2$-এর মোল-সংখ্যা$\times CO_2$-এর আণবিক ওজন

$=0{\cdot}429\times44=18{\cdot}9$ গ্রাম।

(ii) উপরের বিক্রিয়া অনুযায়ী ঃ

O_2-এর মোল$=\frac{1}{2}\times$CO-এর মোল

$=\frac{1}{2}\times0{\cdot}429=0{\cdot}2145$ মোল

$\therefore$ O_2-এর ওজন$=32$ (গ্রাম/মোল)$\times0{\cdot}2145$ মোল

$=6{\cdot}85$ গ্রাম।

2. হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন—$1{\cdot}008$, একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন কত?

$$\text{একটি H-পরমাণুর ওজন}=\frac{\text{H-এর পারমাণবিক ওজন}}{\text{অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা}}$$

$$=\frac{1{\cdot}008}{6{\cdot}023\times10^{23}}=1{\cdot}673\times10^{-24}\text{ গ্রাম}$$

3. 5 গ্রাম ক্যালসিয়াম কত গ্রাম-পরমাণুর সমান? [Ca-এর পাঃ গু ঃ$=40$]

40 গ্রাম Ca $=1$ গ্রাম-পরমাণু Ca

$\therefore$ 5 ,, ,, $=\frac{5}{40}$,, ,,

$=0{\cdot}125$ গ্রাম-পরমাণু।

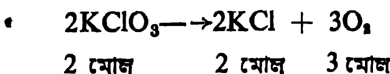
4. $10{\cdot}5$ গ্রাম CO_2-এ কত মোল CO_2 পাওয়া যায়?

CO_2-এর আণবিক ওজন$=12+2\times16=44$

44 গ্রাম CO_2 দ্বারা বোঝায় 1 মোল CO_2

$\therefore$ $10{\cdot}5$,, CO_2 ,, ,, $\frac{10{\cdot}5}{44}=0{\cdot}2386$ মোল।

✓ 5. [redacted]ল $KClO_3$ উত্তাপনে উৎপন্ন অক্সিজেন 4 মোল হাইড্রোজেনের সঙ্গে সম্পূর্ণ বিক্রিয়া ঘটাইতে সক্ষম?



$2KClO_3\longrightarrow2KCl+3O_2$

2 মোল 2 মোল 3 মোল

অর্থাৎ 2 মোল $KClO_3$ হইতে 3 মোল O_2 উৎপন্ন হয়। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের বিক্রিয়া—

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

2 মোল 1 মোল 2 মোল

অর্থাৎ 2 মোল হাইড্রোজেন 1 মোল O_2-এর বিক্রিয়া ঘটায়

4 ,, ,, $\frac{4}{2}$,, ,, ,, ,,

সুতরাং $\frac{3}{2} \times \frac{4}{2}$ মোল বা 3 মোল $KClO_3$ প্রয়োজন;

6. 1·35 গ্রাম ক্যালসিয়াম ধাতু 1·88 গ্রাম CaO-এ জারিত করা হইলে, ক্যালসিয়ামের পাঃ গুরুত্ব কত? [O=16]

বিক্রিয়াঃ $2Ca + O_2 = 2CaO$

অর্থাৎ O-এর মোল সংখ্যা = Ca-এর মোল সংখ্যা

তাই, $\frac{1{\cdot}88 - 1{\cdot}35}{16}$ = O-এর মোল সংখ্যা = 0·333

∴ 0·333 = Ca-এর মোল সংখ্যা = $\frac{1{\cdot}35}{\text{Ca-এর পাঃ গুরুত্ব}}$

সুতরাং Ca-এর পাঃ গুরুত্ব = $\frac{1{\cdot}35}{0{\cdot}333}$ = 40·1

7. প্রমাণ অবস্থায় 66 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন কত হইবে?

কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক ওজন = 44.

∴ 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড = 1 মোল কার্বন ডাই-অক্সাইড

∴ 66 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড = $\frac{66}{44} = \frac{3}{2}$ মোল কার্বন ডাই-অক্সাইড।

অ্যাভোগাড্রোর সূত্র হইতে আমরা জানি যে প্রমাণ অবস্থায়

1 মোল কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন 22·4 লিটার

∴ $\frac{3}{2}$,, ,, ,, ,, $22{\cdot}4 \times \frac{3}{2} = \frac{67{\cdot}2}{2}$ = 33·6 লিটার।

8. 2·5 মোল হাইড্রোজেনকে সম্পূর্ণরূপে জারিত করিয়া জলে পরিণত করিতে যে পরিমাণ অক্সিজেন প্রয়োজন তাহা কত মোল $KClO_3$-কে উত্তপ্ত করিয়া পাওয়া যাইতে পারে?

$$2KClO_3 \xrightarrow{\text{তাপ প্রয়োগ}} 2KCl + 3O_2;\quad 2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

2 মোল 3 মোল 2 মোল 1 মোল

দেখা যাইতেছে যে,

2 মোল হাইড্রোজেনকে সম্পূর্ণ জারিত করিতে 1 মোল অক্সিজেন প্রয়োজন

∴ 2·5 ,, ,, ,, ,, ,, $\frac{1 \times 2{\cdot}5}{2}$,, ,, ,,

আবার 3 মোল অক্সিজেন পাওয়া যায় 2 মোল $KClO_3$-কে উত্তপ্ত করিয়া

$\therefore \frac{2.5}{2}$,, ,, ,, ,, $\frac{2}{3}\times\frac{2.5}{2}$,, ,, ,,

$=\frac{2.5}{3}=0.833$ মোল $KClO_3$ কে উত্তপ্ত করিয়া।

9. বায়ুতে আয়তন অনুসারে শতকরা 23 ভাগ অক্সিজেন আছে। 26·68 গ্রাম সালফারকে 100 লিটার (30°C, 755 মি. মি. চাপ) ঐ বায়ুতে পোড়াইলে কত মোল SO_2 উৎপন্ন হইবে এবং এই বিক্রিয়ার পর কত মোল অক্সিজেন অতিরিক্ত থাকিবে? (ধরিয়া লও সালফারের আণবিক ওজন উহার পারমাণবিক ওজনের সমান)।

বায়ুতে শতকরা 23 ভাগ (আয়তন) অক্সিজেন আছে।

$\therefore$ 100 লিটার বায়ুতে 23 লিটার অক্সিজেন আছে।

ঐ অক্সিজেনের তাপমাত্রা 30°C (বা 273+30=303°A) এবং চাপ 755 মি. মি.।

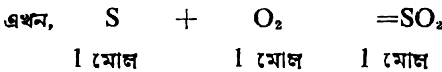
সুতরাং প্রমাণ অবস্থায় ঐ অক্সিজেনের আয়তন $V=\frac{273\times755\times23}{760\times303}$ লিটার

আমরা জানি,

22·4 লিটার অক্সিজেনের প্রমাণ অবস্থায় ওজন 1 মোল

$\therefore$ V লিটার ,, ,, ,, ,, $\frac{V}{22.4}$ মোল

$$=\frac{273\times755\times23}{760\times303\times22.4} \text{ মোল} = 1.391 \text{ মোল}$$



এখন, $S + O_2 = SO_2$

1 মোল 1 মোল 1 মোল

26·68 গ্রাম সালফার $=\frac{26.68}{32}$ মোল সালফার

1 মোল সালফারকে জারিত করিতে 1 মোল অক্সিজেন লাগে এবং 1 মোল SO_2 উৎপন্ন হয়।

$\frac{26.68}{32}$ মোল সালফারকে জারিত করিতে $\frac{26.68}{32}$ মোল অক্সিজেন লাগে এবং $\frac{26.68}{32}$ মোল SO_2 উৎপন্ন হয় $=0.8338$ মোল;

$\therefore$ 0·8338 মোল SO_2 উৎপন্ন হইবে এবং $1.391-0.8338=0.5572$ মোল অক্সিজেন অতিরিক্ত থাকিবে।

10. একটি তরল পদার্থের বিশ্লেষণে জানা গেল ঐ তরলে 37·4% কার্বন, 12·6% হাইড্রোজেন এবং 50% অক্সিজেন আছে। ঐ তরলের আণবিক ওজন উহার স্থূল আণবিক সংকেতের আণবিক ওজনের সমান হইলে 96 গ্রাম তরল সমান কত মোল তরল হইবে?

তরলের মধ্যে কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের শতকরা অনুপাত হইতে উহার আণবিক সংকেত নির্ণয় ঃ

কার্বন $= \frac{37{\cdot}40}{12} = 3{\cdot}116$ $\quad\therefore$ কার্বন ঃ হাইড্রোজেন ঃ অক্সিজেন

হাইড্রোজেন $= \frac{12{\cdot}6}{1} = 12{\cdot}6$ $\quad = \frac{3{\cdot}125}{3{\cdot}116} : \frac{12{\cdot}6}{3{\cdot}116} : \frac{3{\cdot}125}{3{\cdot}116}$

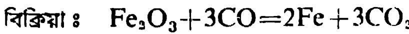
অক্সিজেন $= \frac{50}{16} = 3{\cdot}125$ $\quad = 1 : 4 : 1$

ঐ তরলের স্থূল সংকেত CH_4O এবং আণবিক সংকেত $= CH_4O$.

$\therefore$ উহার আণবিক ওজন $= 12 + 4 + 16 = 32$.

$\therefore$ 32 গ্রাম তরল $= 1$ মোল তরল; $\quad\therefore$ 96 গ্রাম তরল $= \frac{96}{32} = 3$ মোল তরল।

11. একটি শক্ত কাচনলের মধ্যস্থিত লোহিত তপ্ত Fe_2O_3-এর উপর দিয়া কার্বন মনোক্সাইড চালনা করা হইল এবং উহা হইতে উৎপন্ন গ্যাসটিকে KOH দ্রবণের মধ্য দিয়া চালনা করিয়া শোষণ করা হইল। ইহাতে দেখা গেল যে KOH দ্রবণের ওজন 0·86 গ্রাম বৃদ্ধি পাইয়াছে। এই বিক্রিয়া ঘটাইতে কত মোল কার্বন মনোক্সাইড প্রয়োজন ?


বিক্রিয়া ঃ $Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2$

3 মোল $\qquad$ 3 মোল

দেখা যাইতেছে যে উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থটি হইল CO_2.

এবং ইহার পরিমাণ $=$ KOH দ্রবণের বর্ধিত ওজন $= 0{\cdot}86$ গ্রাম

কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক ওজন $= 44$ গ্রাম।

$\therefore$ 0·86 গ্রাম $CO_2 = \frac{0{\cdot}86}{44}$ মোল

এখন উপরের সমীকরণ হইতে পাই,

3 মোল CO_2 উৎপন্ন করিতে 3 মোল CO লাগে

$\therefore \frac{0{\cdot}86}{44}$ " " " $\frac{0{\cdot}86}{44}$ " " "

$= 0{\cdot}01954$ মোল CO লাগে।

12. 250 গ্রাম মার্বেলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইতে কত মোল সালফিউরিক অ্যাসিড প্রয়োজন হইবে ? ইহার ফলে কত মোল করিয়া উৎপন্ন দ্রব্য পাওয়া যাইবে ?


বিক্রিয়া ঃ $CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + CO_2 + H_2O$

100 গ্রাম $\quad$ 1 মোল $\quad$ 1 মোল $\quad$ 1 মোল $\quad$ 1 মোল

1 মোল

$CaCO_3$-এর আণবিক ওজন = 100.

$\therefore$ 250 গ্রাম $CaCO_3$ (মার্বেল) $= \frac{250}{100} = 2\cdot5$ মোল

বিক্রিয়া হইতে দেখা যাইতেছে যে,

1 মোল $CaCO_3$-এর সঙ্গে 1 মোল H_2SO_4 বিক্রিয়া করে

$\therefore$ 2·5 মোল „ „ „ 2·5 „ „ „ „ এবং

1 মোল $CaCO_3$ হইতে 1 মোল $CaSO_4$, 1 মোল CO_2 এবং 1 মোল H_2O উৎপন্ন হয়।

$\therefore$ 2·5 মোল $CaCO_3$ হইতে 2·5 মোল $CaSO_4$, 2·5 মোল CO_2 এবং 2·5 H_2O উৎপন্ন হয়।

অতএব প্রয়োজনীয় সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিমাণ 2·5 মোল এবং উৎপন্ন পদার্থের প্রত্যেকটি 2·5 মোল করিয়া উৎপন্ন হইবে।

প্রশ্ন

1. অণুর সংজ্ঞা লিখ। অণু ও পরমাণুর তুলনা কর।

2. গ্রাম-অণু বা গ্রাম-আণবিক ওজন বলিতে কি বোঝ? উদাহরণ দাও।

3. মৌলিক অণু ও যৌগিক অণুর সংজ্ঞা এবং উদাহরণ দাও।

4. অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প বিবৃত কর। (i) একই উষ্ণতায় ও চাপে এক আয়তন হাইড্রোজেন এক আয়তন ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে —এই পরিপ্রেক্ষিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের সংকেত নির্ণয় কর। (হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন অণু দ্বি-পারমাণবিক) (ii) প্রমাণ কর যে প্রতিটি গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন ঐ গ্যাসের আপেক্ষিক বাষ্প ঘনত্বের দ্বিগুণ। [H.S. Exam. 1960, '68]

5. একটি মৌলিক পদার্থের দৃষ্টান্ত উল্লেখ করিয়া অ্যাভোগাড্রোর সূত্রের সাহায্যে উহার পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কি প্রকারে করিতে হয় উহা প্রদর্শন কর।
[H.S. Exam. (Comp.) 1963]

6. (i) অ্যাভোগাড্রোর সূত্রটি বিবৃত কর এবং (ii) প্রমাণ কর যে যে-কোন গ্যাসের আণবিক ওজন বা গুরুত্ব সেই গ্যাসের আপেক্ষিক বা বাষ্প ঘনত্বের দ্বিগুণ।

E-নামক একটি মৌল, A এবং B-নামক দুইটি গ্যাসীয় হাইড্রোজেন-যৌগ গঠন করে। উহাদের মধ্যে যথাক্রমে 75 শতাংশ ও 80 শতাংশ E মৌল আছে এবং ঐ যৌগদ্বয়ের বাষ্পীয় ঘনত্ব যথাক্রমে 8 এবং 15। A যৌগটির প্রতি অণুতে একটি মাত্র E পরমাণু থাকিলে (a) E-এর পারমাণবিক ওজন (b) A এবং B-এর ফর্মুলা নির্ণয় কর। [H.S. Exam. 1964]

[redacted] অ্যাভোগাড্রোর সূত্রটি বিবৃত কর।

অক্সিজেনের মাত্রা অনুযায়ী কোন পদার্থের অণুর ওজন এবং উহার আণবিক ওজন এই দুইটি বিষয়ের পার্থক্য ব্যাখ্যা কর। অক্সিজেনের (a) গ্রাম-আণবিক ওজন (b) গ্রাম-আণবিক আয়তন বলিতে কি বোঝ লিখ। উহাদিগকে পরিমাণ অনুযায়ী প্রকাশ কর। [H.S. Exam. 1966]

8. কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন দ্বারা কি বোঝ তাহা ব্যাখ্যা কর। অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প প্রয়োগ করিয়া মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের প্রণালী বর্ণনা কর, এবং একটি যথোপযুক্ত উদাহরণ দিয়া উহা ব্যাখ্যা কর। নির্ভুল পারমাণবিক ওজন কি উপায়ে পাওয়া যায়?

[H.S. Exam. (Comp.) 1966]

9. "একই উষ্ণতায় ও চাপে কোন নির্দিষ্ট আয়তনের যে-কোন গ্যাসে একই সংখ্যক অণু বর্তমান।" এই প্রকল্পের প্রয়োগসমূহ বিবৃত কর।

[Eng. Degree Entrance Exam. 1966]

10. তিন আয়তন হাইড্রোজেন এক আয়তন নাইট্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া দুই আয়তন অ্যামোনিয়া গঠন করে। এরূপ প্রাপ্ত তথ্য হইতে অ্যামোনিয়ার ফর্মুলা নির্ণয় কর।

11. অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা বলিতে কি বোঝ?

12. 560 ml. একটি গ্যাসের ওজন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 310 গ্রাম, উহার আণবিক ওজন বাহির কর। [*Ans.* 124]

13. প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে কত লিটার ক্লোরিনের ওজন 46·86 গ্রাম হইবে? ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন = 35·5। [*Ans.* 14·8 লিটার]

14. প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 123·2 লিটার অ্যামোনিয়া গ্যাসে (a) কয়টি গ্রাম-অণু ও (b) কত গ্র্যাম-অ্যামোনিয়া আছে নির্ণয় কর।

[*Ans.* (a) 5·5 গ্রাম অণু NH_3, (b) 93·5 গ্রাম NH_3]

15. একটি মৌলিক পদার্থ A-র কয়েকটি যৌগসমূহের বাষ্প ঘনত্ব যথাক্রমে 8·5, 15, 22 ও 23 এবং ঐ যৌগসমূহ A পদার্থটির শতকরা ভাগ যথাক্রমে 82·3, 46·57, 63·6 ও 60·87. A পদার্থটির আণবিক ওজন বাহির কর। [*Ans.* 14]

16. একটি গ্যাসের ঘনত্ব N.T.P.-তে লিটার-প্রতি 3·17 গ্রাম। উহার আণবিক গুরুত্ব কত? [*Ans.* 71]

17. একটি গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব 44. ইহার ঘনত্ব N.T.P.-তে লিটার-প্রতি কত গ্রাম হইবে? [*Ans.* 1·964 গ্রাম/লিটার]

18. একটি গ্যাসের 0·393 গ্রাম 27°C ও 750 mm. চাপে 227 ml. আয়তন হয়। হাইড্রোজেনের তুলনায় গ্যাসটির ঘনত্ব কত ও উহার আণবিক ওজন কত?

[*Ans.* 21·58, 43·16]

19. 1 ml. কঠিনাকার কার্বন-ডাই অক্সাইড হইতে 20°C ও 1 বায়ু-চাপে কত আয়তন গ্যাসীয় CO_2 পাওয়া যাইবে? [*Ans.* 964·3 ml.]

20. মোল কাহাকে বলে? মোলের ব্যবহার ও প্রয়োজনীয়তা কি?

7

গ্যাসের উপর চাপ ও তাপের প্রভাব

(Effects of Pressure and Temperature on gases)

গ্যাসীয় পদার্থে অণুগুলির পারস্পরিক দূরত্ব এতটা বেশি থাকে যে এই অণুগুলি পরস্পরকে আকর্ষণ করিয়া একত্র সন্নিবিষ্ট রাখিতে পারে না। তাই গ্যাসীয় পদার্থের কোন সুনির্দিষ্ট আকারও থাকে না, সুনির্দিষ্ট আয়তনও থাকে না। আবদ্ধ পাত্রে না রাখিলে গ্যাস চারিদিকে ছড়াইয়া পড়ে এবং সেজন্য গ্যাসীয় পদার্থ মাত্রেরই সম্প্রসারণশীলতা (expanding capacity) বর্তমান। গ্যাসের এরূপ সম্প্রসারণশীলতার জন্য গ্যাসীয় পদার্থের অণুগুলির মধ্যে **গতিশক্তি** (kinetic energy) বর্তমান। এইজন্য আবদ্ধ পাত্রের মধ্যে কোন গ্যাস রাখিলে গ্যাসের অণুগুলি অবিরত পাত্রের দেওয়ালে আঘাত করিতে থাকে এবং এইভাবে দেওয়ালের গায়ে একটি চাপ সৃষ্টি করে। এরূপ চাপকে বলা হয় **গ্যাসের চাপ** (gas pressure)।

7·1. **পদার্থের উপরে চাপ ও তাপের প্রভাব** (Effects of pressure and temperature on matter) ঃ

আয়তন ও চাপ (Volume and pressure) ঃ কঠিন পদার্থের মধ্যে কার্যত অণুগুলির পারস্পরিক ব্যবধান নাই বলিয়া চাপের প্রভাবে কঠিন পদার্থের আয়তনের কোন হ্রাস-বৃদ্ধি হয় না। তরল পদার্থে অণুগুলির পারস্পরিক ব্যবধান খুবই সামান্য। তাই চাপের প্রভাবে তরল পদার্থের আয়তন নগণ্য পরিমাণে পরিবর্তিত হয়। 100 ml. জলের উপরে দুই-বায়ু-চাপের (two atomospheric pressures) প্রভাবে জলের আয়তন হ্রাস পাইয়া দাঁড়ায় 99·99 ml.

চাপ হ্রাস বা বৃদ্ধিতে গ্যাসের আয়তন কিভাবে বাড়ে বা কমে সেই নিয়মটি 1662 খ্রীষ্টাব্দে সূত্রাকারে প্রথম প্রকাশ করেন আইরিশ **বিজ্ঞানী রবার্ট বয়েল** (Robert Boyle)। ইহা **বয়েলের সূত্র** (Boyle's law) নামে পরিচিত।

আয়তন ও উষ্ণতা (Volume and temperature) ঃ তাপের প্রভাবে কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় পদার্থের আয়তনে উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন ঘটে। কিন্তু গ্যাসীয় পদার্থের তুলনায় তাপের প্রভাবে কঠিন পদার্থের আয়তনে সামান্য পরিবর্তন ঘটে; পক্ষান্তরে তরল পদার্থে ঘটে অপেক্ষাকৃত বেশি। 100 ml. জল 0°C তাপমাত্রা হইতে 100°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে জলের আয়তন দাঁড়াইবে 102 ml.; কিন্তু একই মাত্রার উষ্ণতার পরিবর্তনে 100 ml. আয়তনের যে কোন গ্যাসের আয়তন হইবে 136·6 ml.; কত তাপমাত্রার পরিবর্তনে গ্যাসের আয়তন কিরূপ পরিমাণে পরিবর্তিত হয় সেই নিয়মটি সূত্রাকারে 1787 খ্রীষ্টাব্দে প্রথম নির্দেশ করেন **বিজ্ঞানী চার্লস্** (Charles) এবং 1801 খ্রীষ্টাব্দে এই সূত্রটি বিজ্ঞানী ডালটন্ (Dalton) ও গে-লুসাকও (Gay Lussac) স্বতন্ত্রভাবে নির্ণয় করেন। ইহা সাধারণত **চার্লসের সূত্র** (Charles' law) নামে পরিচিত।

বিভিন্ন তরল অথবা কঠিন পদার্থের উপর চাপের এবং উষ্ণতার প্রভাব বিভিন্ন। কিন্তু একই আয়তনের যে-কোন গ্যাসের উপর একই মাত্রার চাপ বা উষ্ণতার প্রভাবে আয়তন পরিবর্তিত হইবে একই মাত্রায়। ইহা গ্যাসীয় পদার্থের এক বিশিষ্ট ধর্ম। সুতরাং, **সম মাত্রার চাপ ও উষ্ণতার পরিবর্তনে যে-কোন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন সম পরিমাণে পরিবর্তিত হয়।**

100 ml. বায়ু, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন, কার্বন-ডাই-অক্সাইড বা কোন গ্যাসের উপর চাপের মাত্রা দ্বিগুণ করিলে গ্যাসের আয়তন কমিয়া হইবে 50 ml. এবং এরূপ যে কোন গ্যাস 0°C হইতে 100°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে আয়তন বৃদ্ধি পাইয়া 136·6 ml. হইবে।

আরও লক্ষ্যের বিষয় এই যে গ্যাসের উপরে চাপ ও উষ্ণতার প্রভাব বিপরীতমুখী। চাপ বৃদ্ধি করিলে গ্যাসের আয়তন কমে এবং উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে গ্যাসের আয়তন বাড়ে।

গ্যাসীয় আয়তনের পরিমাপ (Measurement of the volume of gas)ঃ গ্যাসের আয়তন সব সময়ে চাপ ও তাপের উপর নির্ভর করে। যদি লেখা হয় 20 ml. অক্সিজেন—তবে ইহাতে আয়তনের যথার্থ হিসাব বোঝা যায় না। এই গ্যাসের উপরে চাপ ও তাপমাত্রা কত,—আয়তনের সঙ্গে সেই কথাও লেখা প্রয়োজন। **গ্যাসের আয়তন নির্ভর করে নির্দিষ্ট চাপ ও তাপের উপর।**

সাধারণত কোন গ্যাসের উষ্ণতা মাপা হয় সেন্টিগ্রেড (°C) তাপমাত্রায়। যথা, 50°C, গ্যাসের চাপ মাপা হয় বায়ুর চাপ অনুযায়ী এবং বায়ুর চাপ (atmospheric pressure) মাপা হয় ব্যারোমিটারের পারদ-স্তম্ভের দৈর্ঘ্য অনুযায়ী। অর্থাৎ, পারদ-স্তম্ভের ওজন না লিখিয়া স্তম্ভের উচ্চতা দ্বারা ওজন নির্দেশ করা হয়। ব্যারোমিটারের পারদ-স্তম্ভ যদি 75 cm. মাত্রায় দাঁড়াইয়া থাকে তবে বায়ুর চাপ হইবে পারদ-স্তম্ভের 75 cm. বা 750 mm.; গ্যাসের চাপও হইবে 75 cm. বা 750 mm. পারদ-স্তম্ভ; **গ্যাসের আয়তন লেখার সময় সর্বদা উষ্ণতা ও চাপের পরিমাপও লিখিতে হইবে।** উদাহরণস্বরূপ, শুধু 20 ml. অক্সিজেন না লিখিয়া লিখিতে হইবে 50°C উষ্ণতায় এবং 750 mm. চাপে 20 ml. অক্সিজেন।

প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতা (N. T. P. বা S. T. P.) ঃ **উষ্ণতা মাপার ক্ষেত্রে 0°C কে বলা হয় প্রমাণ উষ্ণতা** (Normal or Standard Temperature) এবং 760 mm. **চাপকে বলা হয় প্রমাণ চাপ** (Normal or Standard Pressure)। প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতার সংকেত লেখা হয় N. T. P. বা S. T. P.; যেমন N. T. P.-তে 10 ml. গ্যাস; অর্থাৎ 0°C তাপমাত্রায় এবং 760 mm. চাপে 10 ml. গ্যাস।

গ্যাসের ঘনত্ব (Density of gas)ঃ এক (1) ml. পরিমাণ কোন কঠিন বা তরল পদার্থের গ্রাম হিসাবের ওজনকে বলা হয় সেই পদার্থের ঘনত্ব। পক্ষান্তরে, এক লিটার (litre) গ্যাসের গ্রাম হিসাবের ওজনকে বলা হয় সেই গ্যাসের ঘনত্ব। যথা ঃ

$$\text{গ্যাসের ঘনত্ব (D)} = \frac{\text{গ্যাসের ওজন (W) গ্রাম}}{\text{গ্যাসের আয়তন (V) লিটার}}$$

অক্সিজেনের ঘনত্ব—1·43 গ্রাম/লিটার, হাইড্রোজেনের—0·089 গ্রাম/লিটার; নাইট্রোজেনের—1·25 গ্রাম/লিটার, কার্বন ডাই-অক্সাইডের—1·977 গ্রাম/লিটার ইত্যাদি।

আপেক্ষিক বা বাষ্পীয় ঘনত্ব (Relative or Vapour density) : জলের ঘনত্ব এক (1) ধরিয়া সম-আয়তন জলের তুলনায় কোন কঠিন বা তরল পদার্থের যে ওজন হয়, তাহাকে বলা হয় আপেক্ষিক ঘনত্ব। কিন্তু লঘুতম গ্যাস হাইড্রোজেনের সম-আয়তনের তুলনায় কোন গ্যাস যতগুণ ভারী, সেই সংখ্যাকে বলা হয় গ্যাসটির **আপেক্ষিক** বা **বাষ্পীয় ঘনত্ব**। যথা :

গ্যাসের আপেক্ষিক বা বাষ্পীয় ঘনত্ব (V.D)

$$=\frac{\text{প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় (N. T. P.) } n \text{ লিটার গ্যাসের ওজন}}{\text{প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় (N.T.P.) } n \text{ লিটার হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$=\frac{\text{1 লিটার গ্যাসের (N. T. P.) ওজন}}{\text{1 লিটার হাইড্রোজেনের (N. T. P.) ওজন}}=\frac{\text{গ্যাস বা বাষ্পের ঘনত্ব}}{\text{হাইড্রোজেনের ঘনত্ব}}$$

$$\text{অক্সিজেনের আপেক্ষিক বা বাষ্প ঘনত্ব (V.D.)}=\frac{\text{অক্সিজেনের ঘনত্ব}}{\text{হাইড্রোজেনের ঘনত্ব}}$$

$$=\frac{1{\cdot}429 \text{ গ্রাম/লিটার}}{0{\cdot}089 \text{ গ্রাম/লিটার}}=16$$

অ্যামোনিয়ার বাষ্প ঘনত্ব—8·51, কার্বন ডাই-অক্সাইডের—22 ইত্যাদি।

গ্যাসের সাধারণ আচরণ (General behaviour of gas) : বর্ণ, গন্ধ বা রাসায়নিক ধর্ম নির্বিশেষে যে কোন গ্যাসকে একই কারণে সম-আচরণ বা ব্যবহার করিতে দেখা যায়। সবরকম গ্যাসের সাধারণ ভৌতধর্মগুলি নিম্নরূপ :

(i) **অনির্দিষ্ট সম্প্রসারণশীলতা** (Indefinite expansibility) : যে কোন গ্যাস নির্মুক্ত অবস্থায় অপরিমিতভাবে চারিদিকে ছড়াইয়া পড়ে,—যদি না কোন পাত্রের মধ্যে ইহা আবদ্ধ রাখা যায়।

(ii) **সংকোচনশীলতা** (Compressibility) : চাপের সাহায্যে সহজেই গ্যাসকে সংকুচিত করা যায়।

(iii) **ব্যাপন** (Diffusion) : বিভিন্ন গ্যাস অনায়াসে পরস্পরে মিশ্রিত হয় এবং মুক্ত পরিবেশে ছড়াইয়া পড়ে।

(iv) **সমসত্ত্বতা** (Homogeneity) : একক বা মিশ্রিত গ্যাস মাত্রই গঠনে সমসত্ত্ব অর্থাৎ ইহার ঘনত্ব যেকোন অংশে সমান।

(v) **স্বল্প ঘনত্ব** (Low density) : যে কোন গ্যাসের ঘনত্বের মাত্রা কঠিন ও তরল পদার্থের তুলনায় খুবই কম।

(vi) **গ্যাসের চাপ** (Pressure of gas) : সব গ্যাসই সংগ্রাহক পাত্রের দেয়ালে চাপ দেয়।

(vii) **সম চাপ ও সম তাপমাত্রার প্রভাব :** (Effect of same pressure and Temperature) : সমান চাপ এবং একই তাপমাত্রায় যে কোন গ্যাসের আয়তন সম আয়তনে পরিবর্তিত হয়।

গ্যাস সূত্র দুইটির প্রয়োজনীয়তা : কঠিন ও তরল পদার্থ ওজন হিসাবে মাপা যায়। কিন্তু সামান্য ওজনের গ্যাস ওজন হিসাবে মাপা কষ্টসাধ্য। কিন্তু রাসায়নিক কাজে সদাসর্বদা গ্যাসের ওজন মাপা প্রয়োজন হয়। গ্যাসের ওজন নির্ভর করে ইহার চাপ ও তাপমাত্রার উপরে। নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় কিভাবে গ্যাসের আয়তন নির্ণয় করা যায় তাহা বয়েল ও চার্লসের গ্যাস সূত্র দুইটি নির্দেশ করে।

7·3. বয়েলের সূত্র (Boyle's Law) :

সংজ্ঞা : স্থির তাপমাত্রা বা উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণের যে কোন গ্যাসের আয়তন ইহার চাপের বিপরীত বা ব্যস্ত অনুপাতে (inverse proportion) **পরিবর্তিত হয়।**

উষ্ণতা যদি স্থির থাকে তবে চাপ বাড়াইলে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন কমিবে এবং চাপ কমাইলে আয়তন বাড়িবে। কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় V ml. পরিমাণ গ্যাস লওয়া হইল। মনে করা যাক এই গ্যাসের চাপ $=P$; গ্যাসের চাপ পর পর বাড়াইয়া দ্বিগুণ (2P), তিনগুন (3P) ও চারগুণ (4P) করা হইল। উষ্ণতা স্থির রাখিয়া গ্যাসের V ml. আয়তন কমিয়া হইবে যথাক্রমে অর্ধেক ($\frac{1}{2}$ V ml.), এক-তৃতীয়াংশ ($\frac{1}{3}$ Vml.) এবং এক-চতুর্থাংশ ($\frac{1}{4}$ V ml.); আবার গ্যাসের চাপ কমাইয়া অর্ধেক ($\frac{1}{2}$P), এক-তৃতীয়াংশ ($\frac{1}{3}$P), এক-চতুর্থাংশ($\frac{1}{4}$P) করা হইল। V ml. গ্যাসের আয়তন যথাক্রমে বাড়িয়া দ্বিগুণ (2V ml.), তিনগুণ (3V ml.), এবং চারগুণ (4V ml.) হইবে। অর্থাৎ অন্যভাবে বিবৃত করিয়া বলা যায়, **স্থির তাপমাত্রা বা উষ্ণতায় যে কোন গ্যাসের চাপ ও আয়তনের গুণফল একটি সুনির্দিষ্ট নিত্য সংখ্যা বা ধ্রুবক** (constant)।

সুতরাং $P \times V = K$ (ধ্রুবক)

$$P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = P_nV_n = PV = K;\ K \text{ ধ্রুবক।}$$

সুতরাং সংকেতাকারে লেখা যায় : $P_1V_1 = P_2V_2$

বিকল্প পদ্ধতি : একটি নির্দিষ্ট পরিমাণের গ্যাসের চাপ যদি হয় P এবং আয়তন V, তবে বয়েলের সূত্র অনুযায়ী অপরিবর্তিত উষ্ণতায় আয়তন (V) চাপের (P) **ব্যস্ত অনুপাতে** পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ, $V \propto \frac{1}{P}$. ইহার অর্থ, V পরিবর্তিত হয় P-র বিপরীত বা ব্যস্ত অনুপাতে $\left(\frac{1}{P}\right)$;

সুতরাং, $V = K \times \frac{1}{P}$ [K একটি নিত্য-সংখ্যা] অর্থাৎ $VP = K$

P পর পর পরিবর্তিত হইয়া যদি নূতন চাপ যথাক্রমে P_1 P_2, P_3, P_n ইত্যাদি হয়, এবং V পরিবর্তিত হইয়া যদি নূতন আয়তন দাঁড়ায় যথাক্রমে V_1, V_2, V_3, V_n ইত্যাদি।

তবে : $V_1P_1 = V_2P_2 = V_3P_3 = V_nP_n = VP = K$

সুতরাং, সংকেতাকারে ইহা লেখা যায় : $V_1P_1 = V_2P_2$

(i) **বয়েলের সূত্রের প্রথম অনুসিদ্ধান্ত : আয়তন ও ঘনত্বের সম্বন্ধ (Relation between volume and density) :** চাপের প্রভাবে গ্যাসের আয়তনে যে পরিবর্তন ঘটে তাহা আয়তনের বদলে গ্যাসের **ঘনত্বের** হিসাবেও প্রকাশ করা যায়। যে কোন গ্যাসের ঘনত্ব আয়তনের উপর নির্ভর করে। **কোন গ্যাসের আয়তন কমিলে ঘনত্ব বাড়ে অথবা আয়তন বাড়িলে ঘনত্ব কমে।** অর্থাৎ, **অপরিবর্তিত তাপমাত্রা বা উষ্ণতায় আয়তন (V) পরিবর্তিত হয় ঘনত্বের (D) বিপরীত বা ব্যস্ত অনুপাতে।**

$V \propto \frac{1}{D}$ অথবা, $V = K \times \frac{1}{D}$ বা $VD = K$ [K = ধ্রুবক]

V ও D পরিবর্তিত হইয়া যথাক্রমে V_1 ও V_2 এবং D_1 ও D_2 হইলে,

$V_1D_1 = V_2D_2$ বা $\frac{V_1}{V_2} = \frac{D_2}{D_1}$

(ii) **বয়েলের সূত্রের দ্বিতীয় অনুসিদ্ধান্ত : চাপ ও ঘনত্বের সম্বন্ধ** (Relation between pressure and density) :

বয়েল-সূত্র অনুযায়ী : $V_1P_1 = V_2P_2$ বা $\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$ ..(i)

প্রথম উপসূত্র অনুযায়ী : $\frac{V_1}{V_2} = \frac{D_2}{D_1}$.. (ii)

(i) ও (ii) যুক্ত করিয়া লেখা যায় :

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{D_2}{D_1}$ অথবা, $\frac{D_1}{D_2} = \frac{P_1}{P_2}$

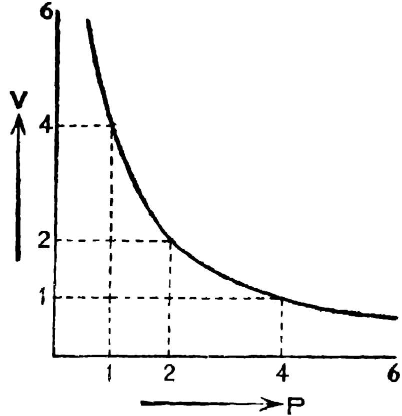
অর্থাৎ, $\frac{D_1}{P_1} = \frac{D_2}{P_2} = K$; সুতরাং $\frac{D}{P} = K$; অথবা $D = KP$; $\therefore$ $D \propto P$

সুতরাং, **অপরিবর্তিত তাপমাত্রা বা উষ্ণতায় গ্যাসের ঘনত্ব চাপের পরিবর্তনের সঙ্গে সম-অনুপাতে** (direct proportion) **পরিবর্তিত হয়।** অর্থাৎ, চাপ বাড়িলে সম-অনুপাতে ঘনত্ব বাড়ে এবং চাপ কমিলে সম-অনুপাতে ঘনত্ব কমে।

(iii) **চাপ, ঘনত্ব ও আয়তনের সম্বন্ধ** (Relation between pressure, density & volume) : সূত্র অনুযায়ী, (i) $V \propto \frac{1}{P}$ (ii) $V \propto \frac{1}{D}$ (iii) $D \propto P$,

অর্থাৎ একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ, ঘনত্ব ও আয়তনের সম্বন্ধে নির্ণয় করিয়া বলা যায় যে, **অপরিবর্তিত উষ্ণতায় গ্যাসের চাপ বাড়িলে ঘনত্ব বাড়ে কিন্তু আয়তন কমে; আবার চাপ কমিলে ঘনত্ব কমে কিন্তু আয়তন বাড়ে।**

বাস্তব পরীক্ষায় P_1, P_2, P_3,...P_n চাপের ফলে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাস V_1, V_2, V_3...V_n আয়তনে পরিবর্তিত হইলে—বিভিন্ন চাপ ও আয়তনের সংখ্যাগুলি একটি গ্রাফ (graph) বা লেখচিত্ররূপে অংকিত করিলে একটি পরাবৃত্তাকার (hyperbolic) লেখচিত্র পাওয়া যায়। এরূপ লেখ চিত্র বয়েলের সূত্রকে প্রমাণিত করে।



সাধারণত উচ্চতাপ নিম্নচাপের (high temperature and low pressure) পরিবেশের ক্ষেত্রে যে কোন গ্যাসের উপরে বয়েলের সূত্রটি প্রযোজ্য; কিন্তু **অতি নিম্ন তাপ** অথবা **অতি উচ্চচাপের** ক্ষেত্রে গ্যাসের উপরে এই সূত্র প্রযোজ্য নয়। যে গ্যাসগুলি বয়েল সূত্র অনুসরণ করে তাদের বলা হয় **আদর্শ গ্যাস** (ideal gas); পক্ষান্তরে অন্যান্য গ্যাসগুলিকে বলা হয় **প্রকৃত গ্যাস** (real gas); একমাত্র হিলিয়াম, নিয়ন ইত্যাদি জাতীয় নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি এবং অতি নিম্নচাপে অবস্থিত হাইড্রোজেন গ্যাসের উপরে বয়েল সূত্র প্রযোজ্য।

উদাহরণ ঃ 1. নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 750 mm. চাপের 200 ml. গ্যাসের আয়তন 300 mm. চাপে কত হইবে?

বয়েলের সূত্র অনুযায়ী $PV=P_1V_1$

এখানে $P=750$, $P_1=300$; $V=200$, $V_1=$কত?

$PV=P_1V_1$ অথবা $750\times200=300\times V_1$

অথবা, $V_1=\frac{750\times200}{300}=500$ ml.

2. উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকিলে প্রমাণ চাপের 100 ml. বায়ুকে 80 ml. আয়তনে পরিণত করিবার জন্য চাপ কত পরিমাণে বৃদ্ধি করা প্রয়োজন?

প্রমাণ চাপ$=760$ mm.

এখানে $P=760$; $V=100$ ml.; $V_1=80$ ml. $P_1=$কত?

বয়েলের সূত্র অনুযায়ী $PV=P_1V_1$; অতএব $760\times100=P_1\times80$

অথবা, $P_1=\frac{760\times100}{80}=950$ mm.

950 mm. চাপে আয়তন হইবে 80 ml.

সুতরাং চাপ বৃদ্ধি করা প্রয়োজন$=(950-760)=190$ mm.

3. এক মাত্রা বায়ু-চাপে একটি বোতল ভর্তি নাইট্রোজেনের আয়তন 250 ml.; যদি 3 লিটার ফ্লাস্কে এই গ্যাস ভরা যায় তবে গ্যাসের চাপ কত হইবে?

এক মাত্রা বায়ু চাপ=760 mm. এবং 3 লিটার=3000 ml.

এখানে P=760, V=250 ml. এবং V_1=3000 ml. ; P_1=কত?

বয়েলের সূত্র অনুযায়ী $PV=P_1V_1$

অথবা $P_1=\frac{PV}{V_1}=\frac{760\times250}{3000}=63{\cdot}3$ mm.

4. 0°C উষ্ণতায় এবং 760 mm. চাপে নাইট্রোজেনের ঘনত্ব 14; একই উষ্ণতায় চাপ তিন গুণ বাড়াইলে ঘনত্ব কত হইবে?

ধরা যাক P_1=760 mm. $P_2=3\times760$ mm.

D_1=14 D_2=কত?

বয়েলের উপসূত্র অনুযায়ী

$\frac{D_1}{D_2}=\frac{P_1}{P_2}$ অর্থাৎ $\frac{14}{D_2}=\frac{760}{3\times760}$

অথবা $D_2=\frac{14\times3\times760}{760}=42$

6. এক মাত্রা বায়ু চাপে অক্সিজেনের ঘনত্ব 16; তাপ স্থির রাখিয়া কত বায়ুচাপে অক্সিজেনের ঘনত্ব দুই গুণ হইবে।

$D_1=16$; $D_2=2\times16=32$ P_1=760 mm. ; P_2=কত?

অথবা, $\frac{D_1}{D_2}=\frac{P_1}{P_2}$ অথবা $\frac{16}{32}=\frac{760}{P_2}$

অথবা, $P_2=\frac{32\times760}{16}=2\times760$=দুইমাত্রা বায়ুর চাপ।

7·4. চার্লসের সূত্র (Charles' law) :

চাপের প্রভাবে একমাত্র গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন বাড়ে বা কমে, কিন্তু কঠিন বা তরল পদার্থের বিশেষ কোন পরিবর্তন হয় না। পক্ষান্তরে তাপের প্রভাবে কঠিন, তরল ও গ্যাসীয়,—তিন রকম পদার্থেরই আয়তন বাড়ে বা কমে। কিন্তু সকল প্রকার কঠিন বা তরল পদার্থের আয়তন সম-তাপের প্রভাবে সমভাবে বাড়ে না বা কমে না। প্রথমত, সম-মাত্রায় উষ্ণতা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য কঠিন ও তরল পদার্থের আয়তন যে মাত্রায় বাড়ে বা কমে গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন তার চেয়ে অনেক বেশি মাত্রায় বাড়ে বা কমে। দ্বিতীয়ত, উষ্ণতার সম-পরিবর্তনে কঠিন ও তরল পদার্থের আয়তনের কতখানি পরিবর্তন ঘটে তা নির্ভর করে সেই পদার্থের প্রকৃতির উপরে। উষ্ণতার সম-পরিবর্তনে তামা ও লোহা বা জল ও তেলের আয়তন বৃদ্ধি পায় বিভিন্ন অনুপাতে কিন্তু হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড, বায়ু বা যে-কোন গ্যাসকে সমমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে প্রতিটি

গ্যাসের আয়তন বাড়ে সমান অনুপাতে। স্থির চাপে উষ্ণতার পরিবর্তনে 10 ml. নাইট্রোজেনের আয়তন যদি বাড়িয়া হয় 20 ml. তবে একই চাপ ও উষ্ণতার সম-পরিবর্তনে 10 ml. অক্সিজেনের আয়তন বাড়িয়া হইবে 20 ml.।

সংজ্ঞা ঃ অপরিবর্তিত চাপে প্রতি ডিগ্রী (1°C) উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য যে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন উহার শূন্য ডিগ্রী (0°C) উষ্ণতায় নির্ণীত আয়তনের $\frac{1}{273}$ ভগ্নাংশ মাত্রায় বৃদ্ধি পাইবে। তাপমাত্রা **সেন্টিগ্রেড স্কেল** অনুযায়ী মাপা হইলে ইহাই হইবে চার্লসের সূত্র। এই $\frac{1}{273}$ ভগ্নাংশটিকে **প্রসারাঙ্কও** (co-efficient of expansion) বলা যায়।

মনে করা যাক, গ্যাসের চাপ স্থির বা অপরিবর্তিত রহিয়াছে। 0°C উষ্ণতায় 1 ml. আয়তনের যে কোন গ্যাস লইয়া এই গ্যাসটি 1°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে চার্লসের সূত্র অনুযায়ী গ্যাসটির আয়তন বাড়িবে $\frac{1}{273}$ ml. অর্থাৎ 0°C উষ্ণতার 1 ml. গ্যাসকে 1°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে 1 ml. গ্যাসের আয়তন বাড়িয়া হইবে $= 1$ ml. $+ \frac{1}{273}$ ml. বা $(1+\frac{1}{273})$ml. ; উষ্ণতা (temperature) বৃদ্ধির ফলে গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধির এরূপ আরও কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া যাক।

0°C উষ্ণতার 1 ml. গ্যাসকে 1°C তাপমাত্রায় **উত্তপ্ত** করিলে গ্যাসের আয়তন বাড়িয়া হইবে $=\left(1+\frac{1}{273}\right)$ml.

0°C উষ্ণতার 3 ml. গ্যাসকে 2°C তাপমাত্রায় **উত্তপ্ত** করিলে গ্যাসের আয়তন বাড়িয়া হইবে $=\left(3+\frac{3\times 2}{273}\right)$ml.

0°C উষ্ণতার V ml. গ্যাসকে t°C তাপমাত্রায় **উত্তপ্ত** করিলে গ্যাসের আয়তন বাড়িয়া হইবে $=\left(V+\frac{t}{273}V\right)$ml. $=\left(1+\frac{t}{273}\right)$Vml.

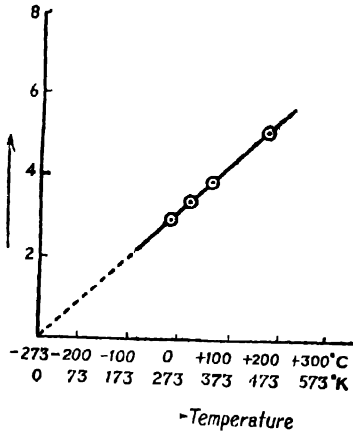
উত্তপ্ত করার পরিবর্তে গ্যাসকে **ঠাণ্ডা** করা হইলে ঃ

0°C উষ্ণতার 1 ml. গ্যাসকে—1°C তাপমাত্রায় **ঠাণ্ডা** করিলে গ্যাসের আয়তন কমিয়া হইবে $=\left(1-\frac{1}{273}\right)$ml.

0°C উষ্ণতায় 3 ml. গ্যাসকে -2°C তাপমাত্রায় **ঠাণ্ডা** করিলে গ্যাসের আয়তন কমিয়া হইবে $=\left(3-\frac{3\times 2}{273}\right)$ml.

0°C উষ্ণতায় V ml. গ্যাসকে $-t$°C তাপমাত্রায় **ঠাণ্ডা** করিলে গ্যাসের আয়তন কমিয়া হইবে $=\left(V-\frac{t}{273}V\right)$ml. $=\left(1-\frac{t}{273}\right)$V ml.

মনে কর, পরম উষ্ণতার (Absolute temperature) মাত্রায় $T_1°A$, $T_2°A$, $T_3°A$ . . $T_n°A$ ইত্যাদির পরিবর্তনের ফলে গ্যাসের আয়তন V_1, V_2, V_3 . . V_n ml আয়তনরূপে পরিবর্তিত হয়। এরূপ তাপমাত্রা ও আয়তনের পারস্পরিক সংখ্যাগুলি যদি বিপরীত অক্ষ নির্ভর একটি লেখচিত্র অংকিত করা হয় তাহা হইলে ইহা একটি হেলান সরলরেখারূপে চিত্রিত হয়। পরম তাপমাত্রার পরিবর্তনের সঙ্গে সম অনুপাতে যে গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন ঘটে,—এই লেখচিত্র চার্লসের সেই সূত্রটি প্রমাণ করে।



পরম উষ্ণতা ও পরম শূন্য (Absolute temperature and absolute zero) : চাপ স্থির রাখিয়া 0°C তাপমাত্রায় প্রাপ্ত V ml. যে-কোন গ্যাসকে −273°C তাপমাত্রায় ঠাণ্ডা করা হইলে চার্লসের সূত্র অনুযায়ী গ্যাসের আয়তন হইবে : $V\text{ ml.} - \frac{273}{273}\ V\text{ ml.} = V\text{ml.} - V\text{ ml.} = 0\text{ ml.}$

অর্থাৎ −273°C তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন হইবে শূন্য। কিন্তু −273°C তাপমাত্রায় পৌঁছিবার আগেই সব গ্যাস তরল হইয়া যায়। তাই, −273°C তাপমাত্রায় সত্যই গ্যাসের আয়তন শূন্য হইয়া যায় কি-না তাহার কোন পরীক্ষালব্ধ প্রমাণ নাই। কারণ, কঠিন বা তরলের ক্ষেত্রে গ্যাসীয় সূত্র প্রযোজ্য নয়। তবু আঙ্কিক হিসাবে ধরা যায় যে −273°C উষ্ণতায় বা তাপমাত্রায় যে কোন গ্যাসের আয়তন লোপ পাইবে বা শূন্য হইয়া যাইবে। তাই তাত্ত্বিক অর্থে −273°C **তাপমাত্রায় যে-কোন গ্যাসের আয়তন লোপ পাইবে বা শূন্য হইয়া যাইবে বলিয়া ইহাকে বলা হয় পরম শূন্য** (absolute zero)।

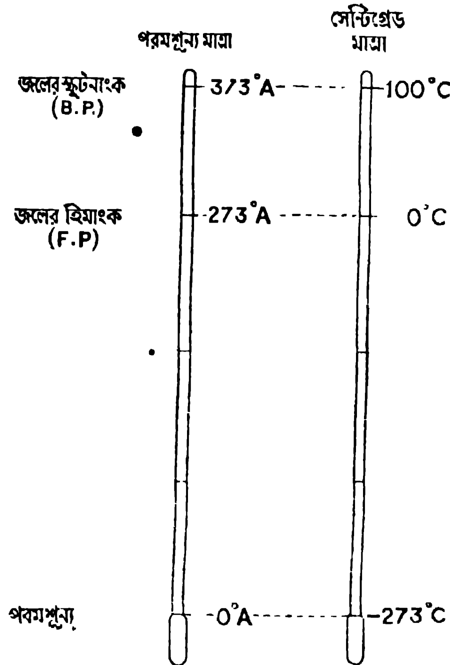
বৃটিশ বিজ্ঞানী **লর্ড কেলভিন** (Lord Kelvin) প্রথমে এই তাপমাত্রা নির্ণয় করেন। পরম উষ্ণতা বা তাপমাত্রার সংকেত লেখা হয় °A রূপে অথবা কেলভিনের নাম অনযায়ী **কেলভিন মাত্রায় °K রূপে।** আধুনিক পরীক্ষা অনুযায়ী 0°A বা 0°K = −273·18°C.

পরমমাত্রা (Absolute or Kelvin-scale) : **পরমশূন্য অর্থাৎ −273°C হইতে তাপমাত্রার প্রতি ডিগ্রী যদি একডিগ্রী সেন্টিগ্রেডের সমান করিয়া মাপা যায় তবে সেই তাপমাত্রাকে বলা হয় পরম মাত্রা।** সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় তাপমাত্রা লেখা হয় t°C এবং পরম তাপমাত্রায় তাপমাত্রা লেখা হয় T°A বা T°K; সুতরাং সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা ও পরম তাপমাত্রার সম্বন্ধ হইবে : $T = t + 273.$

অর্থাৎ, সেন্টিগ্রেড মাত্রায় $0°C = 273°A$

জলের হিমাংক (F.P.) $= 0°C = (0+273)°A = 273°A$

জলের স্ফুটনাংক (B.P.) $= 100°C = (100+273)°A = 373°A$



সংকেত অনুযায়ী, $80°C = (80+273)°A = 353°A$

$-10°C = (-10+273)°A = 263°A$

পরম তাপমাত্রার মাত্রানুযায়ী চার্লসের সূত্র নির্ণয় (Deduction of Charles' law in absolute scale of temparature) : মনে কর, 0°C উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন $= V_0$ ml. ; t_1 °C উষ্ণতায় $= V_1$ ml. ; t_2°C উষ্ণতায় $= V_2$ ml. ; চার্লসের সূত্র অনুযায়ী 0°C তাপমাত্রার V_0 ml. গ্যাসের আয়তন যথাক্রমে t°C এবং t_2°C তাপমাত্রায় হইবে :

$$V_0\left(1+\frac{t_1}{273}\right) \text{ ml. এবং } V_0\left(1+\frac{t_2}{273}\right) \text{ ml.}$$

মনে করা যাক, t_1°C তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন $= V_1$ ml. এবং t_2°C তাপমাত্রায় আয়তন $= V_2$ ml ; সুতরাং লেখা যায় :

$$V_1 = V_0\left(1+\frac{t_1}{273}\right) = V_0\left(\frac{273+t_1}{273}\right) \text{ এবং } V_2 = V_0\left(1+\frac{t_2}{273}\right) = V_0\left(\frac{273+t_2}{273}\right)$$

আমরা জানি যে সেন্টিগ্রেড ও পরম তাপমাত্রার সম্বন্ধ : $T = t + 273$

সুতরাং লেখা যায়ঃ $273+t_1=T_1$ এবং $273+t_2=T_2$

অর্থাৎ, $V_1=V_0\times\frac{T_1}{273}$ এবং $V_2=V_0\times\frac{T_2}{273}$

তাই $\frac{V_1}{V_2}=\frac{V_0\times T_1}{273}\times\frac{273}{V_0\times T_2}=\frac{T_1}{T_2}=\left(\frac{t_1+273}{t_2+273}\right)$

অর্থাৎ, $\frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2}$ অথবা $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}=\frac{V}{T}=K$; [K = ধ্রুবক]

সুতরাং V ও T-র সাধারণ সম্বন্ধ লেখা যায়ঃ $V\propto KT$

অর্থাৎ ভেদের আংকিক সূত্রে ইহার অর্থঃ $V\propto T$

পরম তাপমাত্রার (absolute scale) চার্লসের বিকল্প সংজ্ঞাঃ

যদি চাপ স্থির থাকে তবে নির্দিষ্ট পরিমাণের যে-কোন গাসের আয়তন পরম উষ্ণতার (absolute temperature) **পরিবর্তনের ফলে সম-অনুপাতে পরিবর্তিত হয়** (directly proportional)।

অর্থাৎ, পরম উষ্ণতা যে অনুপাতে বাড়ে গ্যাসের আয়তনও সেই অনুপাতে বাড়ে এবং পরম উষ্ণতা যে অনুপাতে কমে গ্যাসের আয়তনও সেই অনুপাতে কমে।

চার্লস্ সূত্রের সংকেতাকার (Formula of Charles' law)ঃ

পরম তাপমাত্রানুযায়ী চার্লস সূত্রের সংজ্ঞানুসারে, $V\propto T$

অথবা $V=K\times T$; অথবা, $\frac{V}{T}=K$, [K = ধ্রুবক]

V ml. যে কোন গ্যাস যদি $T_1{}^\circ A$ ও $T_2{}^\circ A$ পরমমাত্রার উষ্ণতানুসারে যথাক্রমে V_1 ml. ও V_2 ml. হয়, তবে লেখা যায়ঃ

$$\frac{V_1}{T_1}=K\ldots(i) \qquad \frac{V_2}{T_2}=K\ldots(ii)$$

(i) ও (ii) যুক্ত করিয়া লেখা যায়ঃ

$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$ অথবা, $V_1T_2=V_2T_1$

এই সূত্র হইতে তাপমাত্রার পরিবর্তনে গ্যাসের আয়তন কিভাবে পরিবর্তিত হইবে সহজেই তাহা নির্ণয় করা যায়।

অনুসিদ্ধান্তঃ গ্যাসের তাপমাত্রা (T) ও ঘনত্বের (D) সম্পর্কঃ

চার্লসের সূত্র অনুযায়ীঃ $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$ অথবা, $\frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2}\ldots\ldots(i)$

আমরা জানি $M=V_1D_1=V_2D_2$ [কারণ, M অর্থাৎ ভর অপরিবর্তনীয়]

অথবা, $\frac{V_2}{V_1}=\frac{D_1}{D_2}$ . . . (ii)

সুতরাং (i) ও (ii) যুক্ত করিয়া লেখা যায়ঃ $\frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2}=\frac{D_2}{D_1}$

অথবা, $T_1D_1=T_2D_2=T_nD_n=TD=K$

$$D=\frac{K}{T} \text{ অথবা, } D\propto\frac{1}{T};$$

সূত্রাকারে ইহার অর্থঃ

অপরিবর্তিত চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের ঘনত্ব পরম তাপমাত্রার পরিবর্তনের সঙ্গে বিপরীত বা ব্যস্ত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।

7·5. **বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্র বা আয়তন, চাপ, উষ্ণতার পারস্পরিক সম্পর্ক** (Combined formula of Boyle's and Charles' law or, Relation between volume, temperature and pressure or equation of state) :

উষ্ণতা স্থির থাকিলে আয়তন চাপের বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়। আবার চাপ স্থির থাকিলে আয়তন পরম উষ্ণতার সম-অনুপাতে পরিবর্তিত হয়। কিন্তু চাপ ও উষ্ণতা স্থির না থাকিয়া উভয়েই যদি পরিবর্তিত হয় তবে কিভাবে গ্যাসের আয়তন নির্ণয় করা যায় তাহা তাপ, চাপ ও আয়তনের সংযুক্ত-সূত্র নির্দেশ করে। বস্তুত, গ্যাসের আয়তন পরিবর্তনের ক্ষেত্রে সাধারণত চাপ ও তাপমাত্রা উভয়েই একসঙ্গে পরিবর্তিত হয়। তাই সংযুক্ত-সূত্র আয়তন, চাপ এবং তাপের পারস্পরিক সম্বন্ধ নির্ণয় করে।

মনে কর, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন V, তাপমাত্রা T° A এবং চাপ P; বয়েলের সূত্র অনুযায়ী, উষ্ণতা (T) যদি স্থির থাকে তবে নির্দিষ্ট পরিমাণ যে-কোন গ্যাসের আয়তন (V) চাপের (P) বিপরীত তথা ব্যস্ত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।

$$\text{অর্থাৎ, } V\propto\frac{1}{P} \,..(i)$$

আবার চার্লসের সূত্র অনুযায়ী, চাপ (P) যদি স্থির থাকে, তবে নির্দিষ্ট পরিমাণ যে-কোন গ্যাসের আয়তন (V) পরম উষ্ণতার (T) সম-অনুপাতে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ $V\propto T$. . . .(ii)

কিন্তু যদি চাপ ও উষ্ণতা পরিবর্তিত হইতে থাকে তবে এই সূত্র দুইটি (i) ও (ii) একত্রে সংযুক্ত হইয়া দাঁড়ায়ঃ V পরিবর্তিত হয় $\frac{T}{P}$ এই অনুপাতে;

অর্থাৎ; একই সঙ্গে চাপ (P) ও উষ্ণতা (T) পরিবর্তিত হইলে (i) এবং (ii) এর সংযোগের ফলে আয়তন (V) পরিবর্তনের সূত্রটি হইবেঃ $V\propto\frac{T}{P}$

ভেদের সূত্র অনুযায়ী ইহাকে নিম্নলিখিত রূপে লেখা যায় ঃ

$V=\frac{T}{P}\times K$ [K একটি নিত্য-সংখ্যা (constant))] ; অথবা $\frac{VP}{T}=K$

মনে কর, V আয়তন পরিবর্তিত হয় V_1 ও V_2 আয়তনে

P চাপ .. .. .. P_1 ও P_2 চাপে

T°A তাপমাত্রা .. .. T_1°A ও T_2°A তাপমাত্রায়

সুতরাং V, P ও T এই তিন অবস্থার পরিবর্তনে আংকিক সূত্র হইবে ঃ

$\frac{V_1P_1}{T_1}=K$; $\frac{V_2P_2}{T_2}=K$ অর্থাৎ $\frac{V_1P_1}{T_1}=\frac{V_2P_2}{T_2}=\frac{V_nP_n}{T_n}=K$ [n= যে কোন সংখ্যা কারণ K একটি নিত্যসংখ্যা] ;

সুতরাং, সাধারণভাবে লেখা যায় ঃ $\frac{V_1P_1}{T_1}=\frac{V_2P_2}{T_2}$

ইহাই বয়েল ও চার্লস সূত্রের সংযুক্ত সূত্র।

এই সূত্রটি দ্বারা **আয়তন, চাপ ও উষ্ণতার পারস্পরিক সম্পর্ক নির্দেশ** করা হয় এবং এই সূত্রটিকে **গ্যাসীয় অবস্থার সমীকরণও** (Equation of state) বলা হয়।

গ্যাসের ঘনত্বের উপরে চাপ ও উষ্ণতার সংযুক্ত প্রভাব (Combined effect of pressure and temperature on density of a gas) ঃ বয়েলের উপসূত্র হইতে জানা যায় যে তাপ যদি স্থির থাকে তবে গ্যাসের আয়তন ঘনত্বের বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।

অর্থাৎ, $V\propto\frac{1}{D}$;

অথবা $DV=K$; সুতরাং $D_1V_1=D_2V_2$। ; অর্থাৎ, $\frac{D_1}{D_2}=\frac{V_2}{V_1}$ ..(i)

বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানযায়ী ঃ

$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ অথবা $\frac{P_1T_2}{P_2T_1}=\frac{V_2}{V_1}$ .. (ii)

(i) এবং (ii) যুক্ত করিয়া পাওয়া যায়,

$\frac{V_2}{V_1}=\frac{P_1T_2}{P_2T_1}=\frac{D_1}{D_2}$ অথবা $\frac{D_1T_1}{P_1}=\frac{D_2T_2}{P_2}$

ইহাই **চাপ** (P), **উষ্ণতা** (T°A) **এবং ঘনত্ব** (D) **পরিবর্তনের পারস্পরিক সম্বন্ধ** নির্ণয়ের সূত্র।

7·5. সাধারণ গ্যাস-সূত্র বা সমীকরণ (General Gas Equation) ঃ

তাপমাত্রা পরম উষ্ণতায় (T) ধরা হইলে বয়েল ও চার্লসের সূত্রদ্বয়ের সংযুক্ত সমীকরণ লেখা যায় ঃ $PV=KT$ [K=একটি নিত্য সংখ্যা]।

এরূপ সমীকরণের নিত্য-সংখ্যার (constant) মান এবং একক নির্ভর করে,—(i) গ্যাসের পরিমাণের উপরে এবং (ii) চাপ, (P), গ্যাসের আয়তন (V) ও তাপমাত্রা (T) কোন্ এককের (unit) মাধ্যমে প্রকাশ করা হয় তাহার উপরে।

অ্যাভোগাড্রোর গ্যাস আয়তনিক সূত্রটি প্রয়োগ করিয়া এই যুক্ত সূত্রটি সাধারণ সূত্রাকারে (General Gas Law) প্রকাশ করা যায়। অ্যাভোগাড্রোর সূত্র অনুযায়ী **এক গ্রাম-অণু পরিমাণ** (one gram-molecule) যে কোন গ্যাসের আয়তন (V), সমান চাপ (P) ও সমান তাপমাত্রার (T) সমপরিবেশে সর্বদ সমান হয়। সুতরাং যে কোন গ্যাসের **এক গ্রাম-অণু** পরিমাণ গ্যাসের আয়তন সম তাপমাত্রা ও চাপে সমান হইবে বলিয়া নিত্য-সংখ্যার (K) মানও সমান হইবে। অতএব, একগ্রাম-অণু পরিমাণ (one gram-molecule) যে কোনও গ্যাসের ক্ষেত্রে যদি 'R' প্রতীক চিহ্ন দ্বারা নিত্য সংখ্যা নির্দিষ্ট করা হয় (K-নিত্য সংখ্যার বদলে) তাহা হইলে সংযুক্ত গ্যাস সূত্রটিকে লেখা যায়ঃ $PV = RT$ (R = নিত্য সংখ্যা)

কিন্তু এক গ্রাম-অণু পরিমাণ গ্যাসের পরিবর্তে যদি যে কোন সংখ্যক (n) গ্রাম-অণু ধরা যায়, তাহা হইলে সূত্রটি নিম্নরূপে লেখা যায়ঃ

$PV = nRT$ [R = এক গ্রাম-অণু পরিমাণ গ্যাসের নিত্য-সংখ্যা]।

এরূপ সূত্রটিকে বলা হয় **সাধারণ গ্যাস সমীকরণ** (General or Universal Gas Equation) এবং 'R'—কে বলা হয় **মোলার পরিমাণ গ্যাসের নিত্য সংখ্যা** (Molar gas-constant) এবং 'n'-কে বলা হয় গ্রাম-অণুর যে কোন সংখ্যা (Number of gram-molecule)।

বিভিন্ন একক অনুযায়ী R—এর মান হইবে নিম্নরূপঃ

$R = 8{\cdot}31 \times 10^7$ আর্গ (erg) প্রতি পরম তাপমাত্রা (T) এবং প্রতি মোল (mole) অনুযায়ী
$= 8{\cdot}31$ জুল (Joules) „ „ „ „ „ „ „ „ „
$= 0{\cdot}0821$ লিটার-বায়ুচাপ „ „ „ „ „ „ „ „ „
$= 1{\cdot}99$ ক্যালরি (calories) „ „ „ „ „ „ „ „ „

7·6. মিশ্র গ্যাসের চাপঃ ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র (Dalton's Law of partial pressure)ঃ

অপরিবর্তিত তাপমাত্রায় চাপের প্রভাবে একটি মাত্র গ্যাসের আয়তন কিভাবে পরিবর্তিত হয় তাহার সূত্র নির্ণয় করেন বিজ্ঞানী বয়েল। একাধিক গ্যাসের মিশ্রণ, যাহাদের পরস্পরের মধ্যে কোনরূপ রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে না,—স্থির তাপমাত্রায় এরূপ মিশ্র গ্যাসের আয়তন চাপের প্রভাবে কিভাবে পরিবর্তিত হয় বিজ্ঞানী ডালটন সর্বপ্রথমে তাহা একটি সূত্রাকারে প্রকাশ করেন। এই সূত্রটিকে **আংশিক চাপ সূত্র** (law of partial pressure) বলা হয়। সূত্রটি বলেঃ

সংজ্ঞাঃ অপরিবর্তিত উষ্ণতায় পারস্পরিক রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটাইতে অক্ষম এরূপ দুইটি বা তাহার বেশী গ্যাস যদি কোন একটি পাত্রে একত্র মিশ্রিত করা হয়, তবে মিশ্রিত গ্যাসের চাপ গ্যাসগুলির আংশিক (Partial) চাপের

যোগফলের সমান হইবে। অর্থাৎ গ্যাসের চাপ=বিভিন্ন গ্যাসের আংশিক চাপের যোগফল। সংকেতাকারে ঃ $P=P_1+P_2+P_3+..+P_n$.

আংশিক চাপ (Partial pressure) ঃ **মিশ্র গ্যাসের শুধু একটি গ্যাস যদি এককভাবে পাত্রের মধ্যে রাখা যায়, তবে সেই গ্যাসটি আলাদা বা স্বতন্ত্রভাবে যে চাপ সৃষ্টি করিবে তাহাই সেই গ্যাসের আংশিক চাপ** (Partial pressure)।

আংশিক চাপ নির্ণয় সূত্র ঃ মনেকর ক-পাত্রে P' চাপের V_1 ml. গ্যাস এবং খ-পাত্রে P'' চাপে V_2 ml. গ্যাস বর্তমান। ধরা যাক, খ-পাত্রটি গ্যাস শূন্য এবং ক-পাত্রে P' চাপের V_1 ml. গ্যাস খ-পাত্রের V_2 ml. আয়তনও পূর্ণ করিল। সুতরাং V_1 ml. গ্যাসের আয়তন বাড়িয়া হইল$=(V_1+V_2)$ ml., তাহা হইলে এই (V_1+V_2) ml. গ্যাসের চাপ কত হইবে?

P_1 যদি হয় (V_1+V_2) ml. গ্যাসের চাপ, তবে বয়েল সূত্রানযায়ী ঃ

$$P'\times V_1=P_1\times(V_1+V_2)\ ;\ \text{অর্থাৎ}\ P_1=\frac{P'\times V_1}{V_1+V_2}\ \ldots\ldots\ \text{(i)}$$

এই P_1 হইল V_1 ml. গ্যাসের আংশিক চাপ।

অনুরূপভাবে মনে করা যায় যে ক-পাত্রটি শূন্য এবং খ-পাত্রের P'' চাপের V_2ml. গ্যাস ক-পাত্রটিও পূর্ণ করিল। সুতরাং V_2 ml. আয়তন হইল$=(V_1+V_2)$ ml. এই (V_1+V_2) ml. গ্যাসের চাপ যদি হয় P_2, তবে বয়েল সূত্রানযায়ী ঃ

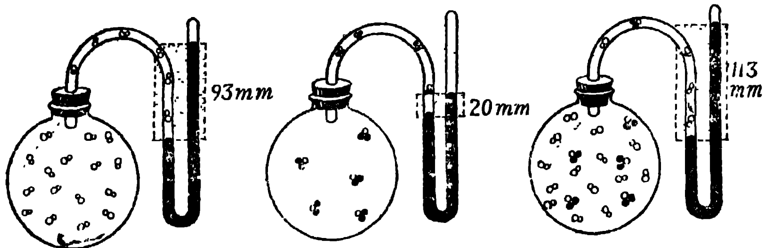
$$V_2\times P''=P_2\times(V_1+V_2).\text{অর্থাৎ}P_2=\frac{P''\times V_2}{V_1+V_2}\ \ldots\ \text{(ii)}$$

এই P_2 হইল V_2 ml. গ্যাসের আংশিক চাপ।

মিশ্র গ্যাসের চাপ নির্ণয় সংকেত ঃ $P=P_1+P_2$

$$\text{অথবা}\ P=\frac{P'\times V_1}{V_1+V_2}+\frac{P''\times V_2}{V_1+V_2}\quad \text{অর্থাৎ}\quad P=\frac{P'V_1+P''V_2}{V_1+V_2}$$

ডালটন বাস্তব পরীক্ষার মিশ্র গ্যাসের চাপের সূত্রটি যেভাবে প্রমাণিত করেন তাহা সহজেই পুনঃবর্ণনা করা যায়। নিচের চিত্রে বর্ণিত গ্যাস-পাত্র তিনটির আয়তন সমান এবং ইহারা একই



তাপমাত্রা বা উষ্ণতায় অবস্থিত। প্রত্যেকটি গ্যাস পাত্রের গ্যাসের নির্গম নলের সঙ্গে ম্যানোমিটার সংযুক্ত করা হয়। ম্যানোমিটারের পারদ স্তম্ভের উচ্চতার পার্থক্য লক্ষ্য করিয়া দেখা যায় ঃ

প্রথম পাত্রের গ্যাসের চাপ (P_1)=93 mm. ;

দ্বিতীয় পাত্রের গ্যাসের চাপ (P_2)=20 mm. ;

তৃতীয় পাত্রের মিশ্র গ্যাসের চাপ (P)=113 mm. ;

অর্থাৎ, $P_1+P_2=P$ বা 93 mm.+20 mm.=113 mm.

জলের উপর সংগৃহীত গ্যাসের চাপ (Pressure of gas collected over water)ঃ জলের উপর গ্যাস সংগ্রহ করা হইলে গ্যাসের সঙ্গে জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে। যে গ্যাসজারে গ্যাস সংগ্রহ করা হয় সেই জারের ভিতরের ও বাহিরের জল যদি সমতলে সমান থাকে তবে গ্যাসজারের গ্যাস ও জলীয় বাষ্পের সম্মিলিত চাপ বাইরের বায়ুচাপের (atmospheric pressure) সমান হইবে।

যদি জল সমতলে না থাকে তবে বাষ্প ও গ্যাসের সংযুক্ত চাপ বায়ুর চাপের সমান হইবে না। গ্যাস জারের জলের তল-রেখা যদি বাইরের জলের তল-রেখার উপর হয় তবে বাষ্প ও গ্যাসের যুক্ত চাপ বায়ুচাপের কম হইবে এবং যদি বাইরের জল তল-রেখার নীচে হয় তবে বাষ্প ও গ্যাসের চাপ বায়ুচাপের বেশী হইবে। সুতরাং কোন তরলের উপর সংগৃহীত গ্যাসের আয়তন মাপিবার সময় সর্বদা গ্যাসের তল ভিতরে ও বাহিরে জলের সমতল (level) রাখিয়া গ্যাসের আয়তন মাপিতে হয়। তবেই গ্যাসের চাপ ব্যারোমিটারের চাপমাত্রা অনুযায়ী বাইরের বায়ুচাপের সমান বলিয়া ধরা হইবে।

গ্যাসের সংগ্রাহকের ভিতরে ও বাহিরে জলের তল সমান হইলেঃ

বায়ুর চাপ=শুষ্ক গ্যাসের আংশিক চাপ+জলীয় বাষ্পের আংশিক চাপ

সুতরাং, **শুষ্ক গ্যাসের চাপ=বায়ুর চাপ−জলীয় বাষ্পের চাপ** (aqueous tension)

মনে কর, বায়ুচাপ=P; শুষ্ক গ্যাসের চাপ=p এবং জলীয় বাষ্পের চাপ=f.

আরও মনে কর সংগৃহীত গ্যাসের আয়তন t°C উষ্ণতায়=V ml.

[ব্যারোমিটার চাপ=বায়ুর চাপ=P *mm.* পারদ স্তম্ভের সমান।

জলীয় বাষ্পের চাপ=f *mm.* পারদ স্তম্ভের সমান।]

∴ শুষ্ক গ্যাসের চাপ $(p)=(P-f)$ *mm.*

গ্যাসের মধ্যে সর্বত্র বাষ্প থাকে বলিয়া গ্যাসের চাপ নির্ধারিত করার সময় বাষ্প-চাপ বাদ দিতে হয় এবং বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্র সংশোধিত করিয়া নিম্নলিখিতভাবে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় (0°C এবং 760 mm) আর্দ্র বা সিক্ত গ্যাসের পরিবর্তিত আয়তন কত হইবে তাহা নির্ধারণ করা হয়। যথাঃ

সংগৃহীত শুষ্ক গ্যাসের চাপ=$(P-f)$, তাপমাত্রা=t°C এবং গ্যাসের আয়তন=V ml.

প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় (N.T.P.) এই V ml. শুষ্ক গ্যাসের আয়তন যদি হয় V_1 ml. তবে বয়েল ও চার্লসের সূত্র অনুযায়ীঃ

$$\frac{V(P-f)}{t+273}=\frac{V_1\times 760}{273} \quad ;\text{ অথবা } \quad V_1=\frac{V(P-f)\times 273}{760\times(273+t)}\text{ml}$$

[পরীক্ষাঃ তুল্যাঙ্কভার পরিচ্ছেদ দ্রষ্টব্য]

উদাহরণঃ 1. 30°C তাপমাত্রা পরম তাপমাত্রায় কত হইবে?

চার্লসের সূত্র অনুযায়ী $T = t + 273$ সুতরাং $T = 30 + 273 = 303°A$

2. 27°C তাপমাত্রায় অক্সিজেনের আয়তন 250 ml. চাপ অপরিবর্তিত থাকিলে 127°C তাপমাত্রায় ঐ অক্সিজেনের আয়তন কত হইবে?

মনে কর $t_1 = 27°C$ এবং $t_2 = 127°C$

$\therefore \quad T_1 = (273+27)°A, T_2 = (273+127)°A$;

এবং $V_1 = 250$ ml. ; $V_2 =$ কত?

চার্লসের সূত্র অনুযায়ীঃ $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ অথবা $V_2 = V_1 . \frac{T_2}{T_1}$

অথবা $V_2 = 250 \times \frac{273+127}{273+27} = \frac{250 \times 400}{300} = 333 \cdot 3$ ml.

3. 740 mm. চাপে একটি গ্যাসের আয়তন 840 ml. চাপমাত্রা কমাইয়া 560 mm. করিলে গ্যাসটির আয়তন কত হইবে। (তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন হইতেছে না ধরিয়া লও।)

গ্যাসের প্রাথমিক আয়তন = 840 ml. (V_1)

ও ,, চাপ = 740 mm. (P_1)

উহার অন্তিম চাপ = 560 mm. (P_2)

এই চাপে যদি গ্যাসটির আয়তন V_2 হয়, তবে বয়েলের সূত্র $P_1V_1 = P_2V_2$ অনুযায়ী, $740 \times 840 = 560 \times V_2$ বা $V_2 = \frac{740 \times 840}{560} = 1110$ ml.

4. কতকগুলি মার্বেলের টুকরাসহ কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 760 mm. চাপে 120 ml. চাপ দ্বিগুণ করিলে আয়তন 100 ml. হয়। মার্বেল টুকরাগুলি কতখানি জায়গা জুড়িয়া আছে? (তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন নাই ধরিয়া লও।)

দেওয়া আছে যে, গ্যাসটি ও কয়েক টুকরা মার্বেল পাথরের প্রারম্ভিক আয়তন = 120 ml. চাপ = 760 mm. ও অন্তিম আয়তন = 100 ml. চাপ = 2×760 mm.

ধরা যাক, মার্বেল টুকরাগুলি V আয়তন জুড়িয়া আছে। চাপের তারতম্যের প্রভাবে মার্বেল টুকরাগুলির আয়তনের কোন পরিবর্তন হইবে না।

অতএব, বয়েলের সূত্র অনুযায়ী, $760 \times (120 - V) = 2 \times 760 \times (100 - V)$

বা, $120 - V = 200 - 2V$; বা, $V = 200 - 120 = 80$ ml.

5. একটি সিলিণ্ডারের 5 বায়ু-চাপে 100 লিটার গ্যাস আছে। উহা হইতে কিছু পরিমাণ গ্যাস বাহির করিয়া লইয়া দেখা গেল যে বহিষ্কৃত গ্যাসের আয়তন 1 বায়ু-চাপে 40লিটার। এই প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন না হইয়া থাকিলে, সিলিণ্ডারে অবশিষ্ট গ্যাসের চাপ কত?

5 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে গ্যাসটির আয়তন 100 লিটার (ইহা সিলিণ্ডারটিরও আয়তন, কারণ

গ্যাস সারা সিলিণ্ডার জুড়িয়া রহিয়াছে)। যদি 1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে ঐ গ্যাসের আয়তন V লিটার হয়, তবে বয়েলের সূত্র অনুযায়ী—

$$5\times100=1\times V \text{ বা, } V=500 \text{ লিটার।}$$

অতএব 1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন $=500-40=460$ লিটার, কিন্তু সিলিণ্ডারের ভিতর গ্যাসের আয়তন $=100$ লিটারই থাকিবে।

অতএব, $460\times1=100\times P$ (এখানে $P=$ নির্ণেয় চাপ)

বা, $P=\frac{460}{100}=4{\cdot}6$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ।

6. 27°C ও 1 বায়ু-চাপে 500ml. গ্যাস সংগৃহীত হইল। চাপের কোন পরিবর্তন না হইলে কত তাপমাত্রায় গ্যাসটির আয়তন দ্বি গুণ হইবে?

গ্যাসটির প্রারম্ভিক আয়তন $=500$ ml.

,, অন্তিম ,, $=2\times500$ ml. $=1000$ ml.

,, প্রারম্ভিক তাপমাত্রা $=27°C=27+273=300°A$.

যদি অন্তিম তাপমাত্রা T°A হয়, তবে চার্লসের সূত্রানুযায়ী—

$$\frac{500}{1000}=\frac{300}{T} \text{ বা, } T=600°A=600-273=327°C.$$

7. নাইট্রোজেনের আয়তন 27°C উষ্ণতায় 300 ml.; চাপ অপরিবর্তিত থাকিলে কত উষ্ণতায় সেই নাইট্রোজেনের আয়তন চারগুণ হইবে।

মনে কর, $V_1=300$ ml. ; $V_2=4\times V_1=4\times300$ ml.

$T_1=t_1+273=(27+273)°A$; $T_2=$ কত?

চার্লসের সূত্র অনুযায়ী : $\frac{T_1}{T_2}=\frac{V_1}{V_2}$ অথবা $T_2=T_1\times\frac{V_2}{V_1}$

অথবা $T_2=\frac{4\times300\times300}{300}=4\times300=1200°A$

অর্থাৎ, $T_2=t_2+273=1200$; সুতরাং $t_2=1200-273=927°C$.

8. প্রমাণ তাপমাত্রায় কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব 22; −11°C তাপমাত্রায় ইহার ঘনত্ব কত হইবে? চাপের কোন পরিবর্তন ঘটিবে না।

মনে কর, প্রমাণ তাপমাত্রা $=0°C$ ∴ $T_1=(0+273)°A$ এবং $D_1=22$

$T_2=-11°C=(-11+273)°A$; $D_2=$ কত?

সুতরাং চার্লসের সূত্র অনুযায়ী : $\frac{D_1}{D_2}=\frac{T_2}{T_1}$ বা, $\frac{22}{D_2}=\frac{-11+273}{0+273}$

বা, $D_2=\frac{22\times273}{262}=22{\cdot}9$

9. 0°C তাপমাত্রায় নাইট্রোজেনের ঘনত্ব 14. চাপ অপরিবর্তিত রাখিয়া গ্যাসটিকে −23°C তাপমাত্রায় ঠাণ্ডা করিলে উহার ঘনত্ব কত হইবে?

নাইট্রোজেনের প্রারম্ভিক তাপমাত্রা $=0°C=273°A$

,, ,, আপেক্ষিক ঘনত্ব $=14$

,, অন্তিম তাপমাত্রা $=-23°C=273-23=250°A$

ধরা যাক, ঐ তাপমাত্রায় নাইট্রোজেনের আপেক্ষিক ঘনত্ব $=D$

$\therefore \frac{D_1}{D_2}=\frac{T_2}{T_1}$ — এই সূত্রানুযায়ী

$\frac{14}{D}=\frac{250}{273}$ বা, $D=\frac{14\times273}{250}=15\cdot29.$

10. 27°C ও 750 mm. চাপে 50 ml. অক্সিজেন সংগ্রহ করা হইল। আয়তন বাড়িতে না দিয়া যদি চাপ 940 mm. করা হয়, তবে ঐ অবস্থায় অক্সিজেনের উষ্ণতা কত হইবে ?

অক্সিজেনের প্রারম্ভিক চাপ $=750$ mm (P_1)

,, ,, তাপমাত্রা $=270°C=27+273=300°A(T_1)$

,, অন্তিম চাপ $=940$ mm. (P_2)

ধরা যাক, উহার অন্তিম উষ্ণতা $=T_2°A$

অতএব, $\frac{P_1}{P_2}=\frac{T_1}{T_2}$ — এই সূত্রানুযায়ী

$\frac{750}{940}=\frac{300}{T_2}$ বা, $T_2=\frac{300\times940}{750}=376°A=376-273=103°C.$

11. একটি ফ্লাস্কে 25°C তাপমাত্রায় একটি গ্যাস আছে। ফ্লাস্কটিকে উত্তপ্ত করিয়া তাপমাত্রা কত করিলে উহার ভিতরের চাপ শতকরা 25 ভাগ বৃদ্ধি পাইবে ?

যেহেতু গ্যাসটি বদ্ধ ফ্লাস্কের মধ্যে রহিয়াছে, বিভিন্ন তাপমাত্রায় উহার আয়তনের পরিবর্তন হইবে না। কিন্তু উচ্চতর তাপমাত্রায় উহার চাপ 25% বাড়িয়া যাইবে।

অর্থাৎ, উহার প্রারম্ভিক চাপ P হইলে, অন্তিম চাপ $\frac{5}{4}P$ হইবে।

গ্যাসটির প্রারম্ভিক তাপমাত্রা $=25°C=298°A\ (T_1)$

ধরা যাক, উচ্চতর তাপমাত্রা $=T_2°A$

অতএব, চাপ ও তাপমাত্রা সম্পর্কীয় সূত্রানুসারে—

$$\frac{P}{T_1}=\frac{\frac{5}{4}P}{T_2} \text{ বা, } \frac{P}{298}=\frac{\frac{5}{4}P}{T_2}$$

বা, $T_2=\frac{5\times298}{4}=372\cdot5°A=99\cdot5°C.$

12. একটি অক্সিজেন সিলিণ্ডার 250 বায়ুচাপ সহ্য করিতে পারে। সিলিণ্ডারটিকে 125 বায়ুচাপে এবং 27°C তাপমাত্রায় অক্সিজেন দ্বারা ভর্তি করা হইল। সিলিণ্ডারটি কত তাপমাত্রায় ফাটিয়া যাইবে ?

মনে কর, $P_1=125$ বায়ুচাপ, $P_2=250$ বায়ুচাপ

$V=$সিলিণ্ডারের আয়তন; সুতরাং $V_1=V_2=V$

$T_1=t_1+273=(27+273)=300°A$; $T_2=$কত?

আমরা জানি, $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$

সুতরাং $\frac{125\times V}{T_1}=\frac{250\times V}{T_2}$ অথবা $T_2=300\times 2=600°A$

সুতরাং $T_2=t_2+273=600$ $\therefore$ $t_2=600-273=327°C$

সুতরাং, 327°C বা তাহার বেশী তাপমাত্রায় উহা ফাটিয়া যাইবে।

13. একটি গ্যাস 27°C তাপমাত্রা ও 74·5 cm. চাপে 2·2 লিটার আয়তন অধিকার করিয়া আছে। 120°C তাপমাত্রায় ও 73cm. চাপে ঐ গ্যাসের আয়তন কত হইবে?

গ্যাসটির প্রারম্ভিক আয়তন $=2;2$ litre$=2200$ ml. (V_1)

,, ,, চাপ $=74·5$ cm.$=745$ mm. (P_1)

গ্যাসটির প্রারম্ভিক তাপমাত্রা$=27°C=273+27=300°A(T_1)$

,, অন্তিম চাপ $=73$ cm.$=730$ mm. (P_2)

,, ,, তাপমাত্রা$=120°C=273+120=393°A(T_2)$

ধরা যাক, গ্যাসটির অন্তিম আয়তন$=V_2$ ml.

$\therefore$ গ্যাস-সূত্রানুযায়ী, $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$

অর্থাৎ, $\frac{745\times 2200}{300}=\frac{730\times V_2}{393}$

বা, $V_2=\frac{745\times 2200\times 393}{300\times 730}=2942$ ml.$=2·942$ litres.

14. 23°C ও 800 mm. চাপে জলের উপর 100 ml. অক্সিজেন সংগৃহীত হইল। প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় ঐ অক্সিজেনের আয়তন কত হইবে? (23°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ$=21$ mm.)

কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যে কোন আয়তন আর্দ্র গ্যাসের চাপ (P) সম-আয়তন শুষ্ক গ্যাসের $(P-f)$ চাপের সমান (যেখানে $f=$প্রদত্ত তাপমাত্রায় জলীয়বাষ্পের চাপ)।

প্রদত্ত আর্দ্র অক্সিজেনের চাপ$=800$ mm. (P_1)

$\therefore$ ঐ আয়তন শুষ্ক অক্সিজেনের চাপ$=800-21=779$ mm.

($f=21$ mm. দেওয়া আছে)

∴ অক্সিজেনের প্রারম্ভিক আয়তন $=100$ ml (V_1)
,, ,, চাপ $=P_1-f=779$ mm.
,, ,, তাপমাত্রা $=23°C=296°A(T_1)$
,, অন্তিম চাপ $=760$ mm. (1 atmosphere) (P_2)
,, ,, তাপমাত্রা $=0°C=273°A(T_2)$

ধরা যাক, অক্সিজেনের অন্তিম আয়তন $=V_2$ ml.

গ্যাস-সূত্রানুযায়ী, $\frac{(P_1-f)\times V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$

বা, $\frac{779\times 100}{296}=\frac{760\times V_2}{273}$

বা, $V_2=\frac{779\times 100\times 273}{296\times 760}=94{\cdot}54$ ml.

15. একটি ফ্লাস্ক 1·6 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ সহ্য করিতে পারে। 10°C তাপমাত্রায় 764 mm. চাপে এই ফ্লাস্কে ক্লোরিন গ্যাস ভর্তি করা হইল। পরে ফ্লাস্কটিকে গরম করা আরম্ভ হইল ও কিছুক্ষণ পরে ফ্লাস্কটি গ্যাসের চাপে ফাটিয়া গেল। বিস্ফোরণের সময় ফ্লাস্কটির তাপমাত্রা কত হইয়াছিল?

ফ্লাস্কটি গরম করিলে উহার অন্তর্গত ক্লোরিন গ্যাসের চাপ ও উষ্ণতা দুইই বাড়িতে থাকিবে। যেহেতু ফ্লাস্কটি 1·6 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ পর্যন্ত সহ্য করিতে পারে, সেইহেতু গ্যাসের চাপ এই মাত্রা অতিক্রম করা মাত্রই ফ্লাস্কটি ফাটিয়া যাইবে। অর্থাৎ, যে তাপমাত্রায় গ্যাসটির চাপ 1·6 অতিক্রম করিবে, তখনই ফ্লাস্কটি ফাটিবে। এখন, গ্যাসটি ফ্লাস্কের মধ্যে থাকায় বিভিন্ন তাপমাত্রায় উহার আয়তন একই থাকিবে। ধরা যাক, T°A তাপমাত্রায় গ্যাসের চাপ 1·6 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ হইবে। অতএব, গ্যাসসূত্র অনুযায়ী—

$\frac{764\times V}{273+10}=\frac{760\times 1{\cdot}6\times V}{T}$ বা, $T=\frac{760+1{\cdot}6\times 283}{764}=449{\cdot}8°A=176{\cdot}8°C.$

অর্থাৎ, 176·8°C উত্তাপে ফ্লাস্কটি ফাটিয়া যাইবে।

16. একটি সিলিণ্ডারে 2·82 লিটার জল ধরে। সিলিণ্ডারটি 27°C তাপমাত্রায় ও 100 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে হাইড্রোজেন দ্বারা ভর্তি করা হইল। এই গ্যাস দ্বারা 21 cm. ব্যাস-বিশিষ্ট কতকগুলি গোলকাকার বেলুন প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে ভর্তি করিতে হইবে। কতগুলি বেলুন ভর্তি করা যাইবে?

সিলিণ্ডারটিতে 22·82 লিটার জল ধরে। সুতরাং উহার ভিতরের আয়তন 2·82 লিটার। অতএব, হাইড্রোজেনের আয়তন ও 2·82 লিটার। 100 বায়ু-চাপে ও 27°C উষ্ণতায় 2·82 লিটার হাইড্রোজেন 1 বায়ু-চাপে ও 0°C উষ্ণতায় (N.T.P.) যদি V লিটার আয়তন অধিকার করে, তবে, সূত্রানুযায়ী—

$\frac{100\times 2{\cdot}82}{300}=\frac{V\times 1}{273}$ বা, $V=\frac{100\times 2{\cdot}82\times 273}{300}=256{\cdot}62$ লি. $=256620$ ml.

এখন প্রতিটি বেলুনের আয়তন $=\frac{4}{3}\pi\times(\frac{21}{2})^3$ ml. $=4851$ ml.

$256620/4851=52 \cdot 9$, অর্থাৎ, 52টি বেলুন ভর্তি করা যাইবে এবং অবশিষ্ট গ্যাস উদ্বৃত্ত থাকিবে।

17. 27°C তাপমাত্রায় ও 100 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে একটি 50-লিটার সিলিণ্ডারে যে পরিমাণ অক্সিজেন গ্যাস ভর্তি করা যায় তাহার ওজন কত? (27°C ও 1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে এক লিটার অক্সিজেনের ওজন $=1 \cdot 31$ gms.)

নির্দিষ্ট 27°C উষ্ণতায় ও 100 বায়ু-চাপে 50 লিটার অক্সিজেন 1 বায়ু-চাপে V লিটার হইলে, বয়েলের সূত্রানুযায়ী—

$50\times100=1\times V$ বা, $V=5000$ লিটার হইবে।

দেওয়া আছে যে, 1 বায়ু-চাপে ও 27°C উষ্ণতায় 1 লিটার অক্সিজেনের ওজন $1 \cdot 31$ gms. সুতরাং, 5000 লিটার অক্সিজেনের ওজন $=5000\times1 \cdot 31=6550$ gms.

18. 150°C উষ্ণতায় ও 760 mm. পারদস্তম্ভের চাপে একটি গ্যাসের ঘনত্ব $3 \cdot 43$ গ্রাম প্রতি-লিটারে হইলে গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব কত?

আমরা জানি, $PV=nRT$ বা, $PV=\frac{g}{M}RT$ অর্থাৎ, $M=\frac{g}{V}.RT/P.$

এখানে, $g=3 \cdot 43$ গ্রাম, $V=1$ লিটার, $P=760$ mm. $=1$ বায়ু-চাপ, $T=273+150=423°A$, এবং $R=0 \cdot 082$/লিটার-অ্যাটমস্ফিয়ার/ডিগ্রি/মোল।

$$\therefore\quad M=\frac{3 \cdot 43}{1}\times\frac{0 \cdot 082\times423}{1}=119 \text{ gm./মোল}$$

অর্থাৎ গ্যাসটির আণবিক ওজন $=119$.

19. একটি উদ্বায়ী তরল পদার্থের $1 \cdot 19$ gms. লইয়া সম্পূর্ণরূপে বাষ্পায়িত করা হইল। 27°C তাপমাত্রা ও 755 mm. চাপে ঐ বাষ্পের আয়তন 216 ml. তরল পদার্থটির আণবিক ওজন কত?

আমরা জানি, $PV=nRT=\frac{g}{M}RT$

প্রদত্ত অংকে, $g=$ উদ্বায়ী তরলটির পরিমাণ $=1 \cdot 19$ gms.

$M=$,, ,, আণবিক ওজন

$P=\frac{755}{760}$ বায়ু-চাপ, $T=273+27=300°A$

$V=216$ ml $=0 \cdot 216$ লিটার ও $R=0 \cdot 082$

$$\therefore\quad \frac{755}{760}\times0 \cdot 216=\frac{1 \cdot 19}{M}\times0 \cdot 082\times300$$

$\therefore$ তরলটির আণবিক গুরুত্ব $(M)=133 \cdot 2$.

20. বায়ুতে আছে একভাগ আয়তনের অক্সিজেন ও চার ভাগ আয়তনের নাইট্রোজেন, বায়ুর মোট চাপ 760 mm. হইলে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের আংশিক চাপ কত?

আংশিক চাপের সূত্র অনুযায়ী:

অক্সিজেনের আংশিক চাপ+নাইট্রোজেনের আংশিক চাপ=বায়ুর চাপ

অর্থাৎ $P_0+P_n=760$ mm.

$V_0=1$ আয়তন; $V_n=4$ আয়তন

P_0=অক্সিজেনের আংশিক চাপ; P_n=নাইট্রোজেনের আংশিক চাপ

P_1=অক্সিজেনের চাপ। P_2=নাইট্রোজেনের চাপ

$\therefore \quad P_1=P_2=P$ বায়ুর চাপ।

বয়েলের সূত্র অনুযায়ী: $V_1\times P_1=P_0(V_1+V_n)$

$$P_0=\frac{V_0\times P_1}{V_0+V_n}=\frac{1\times P_1}{1+4}=\frac{760}{5}=152 \text{ mm.}$$

এবং $V_n\times P_2=P_n(V_0+V_n)$

$$P_n=\frac{V_nP_2}{V_0+V_n}=\frac{4\times 760}{6}=608 \text{ mm.}$$

21. কোন এক জায়গায় বায়ুমণ্ডলীয় চাপ পারদস্তম্ভের 760 mm.-এর সমান। ঐ স্থানের বায়ুতে জলীয়-বাষ্প বর্তমান এবং এই জলীয় বাষ্পের নিজস্ব চাপ 10 mm. ঐখানকার শুষ্ক বাতাসে যদি 20% অক্সিজেন, 70% নাইট্রোজেন ও 10% CO_2 থাকে, তবে প্রতিটি গ্যাসের আংশিক চাপ নির্ণয় কর।

অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড মিলিত চাপ$=760-10=750$ mm.

$\therefore$ অক্সিজেনের আংশিক চাপ$=\frac{20}{100}\times 750=150$ mm.

নাইট্রোজেনের ,, ,, $=\frac{70}{100}\times 750=525$ mm.

কার্বন ডাই-অক্সাইড ,, ,, $=\frac{10}{100}\times 750=75$ mm.

22. একটি 500 ml. আয়তনের পাত্রে 300 ml. নাইট্রোজেন গ্যাস এবং 200 ml. কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ভরা হইল। নাইট্রোজেনের চাপ 200 mm., কার্বন ডাই-অক্সাইডের চাপ 400 mm.; মিশ্র গ্যাসের চাপ কত?

পাত্রটির আয়তন=500 ml. $P_1=200$ mm. এবং $P_2=400$ mm.

$V_1=300$ ml. এবং $V_2=200$ ml.

মনে কর, নাইট্রোজেনের আংশিক চাপ$=P_n$

কার্বন ডাই-অক্সাইডের আংশিক চাপ$=P_{CO_2}$

বয়েলের সূত্র অনুযায়ী, $V_1\times P_1=P_n(V_1+V_2)$

$$P_n=\frac{V_1\times P_1}{V_1+V_2}=\frac{300\times 200}{300+200}=120 \text{ mm.}$$

এবং $V_2 \times P_2 = Pco_2(V_1+V_2)$

$$\therefore \quad Pco_2 = \frac{V_2 \times P_2}{V_1+V_2} = \frac{200\times400}{300+200} = 160 \text{ mm.}$$

∴ মিশ্র গ্যাস চাপ $= P_n + Pco_2 = 120+160 = 280$ mm.

[অতিরিক্ত গণনা পরিশিষ্ট দ্রষ্টব্য]

7·7. গ্রেহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্র (Graham's Law of gaseous Diffusion) ঃ

গবেষণাগারে প্রবেশ করিলে অনেক সময়ে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন গ্যাসের গন্ধ পাওয়া যায়। অ্যামোনিয়া বা সালফার ডাই-অক্সাইড -ভরা গ্যাস-জারের মুখ খুলিলে দূর হইতেও এরূপ গ্যাসের তীব্রগন্ধ পাওয়া যায়। ইহার কারণ,—এরূপ গ্যাসগুলি স্বতঃস্ফূর্তভাবে বায়ুর মধ্যে ছড়াইয়া পড়ে, অর্থাৎ বায়ুর সঙ্গে এরূপ গ্যাসগুলির স্বতঃস্ফূর্ত মিশ্রণ ঘটে। যদি এরূপ গ্যাসগুলি পরস্পরে রাসায়নিক বিক্রিয়া না ঘটায় এবং ইহাদের ঘনত্ব (density) যদি অসমান হয়,—তবে অভিকর্ষের প্রভাব (force of gravity) উপেক্ষা করিয়া ইহাদের মধ্যে অধিকতর ভারী গ্যাসগুলি অপেক্ষাকৃত হালকা গ্যাসগুলির মধ্যে ছড়াইয়া পড়ে এবং শেষ পর্যন্ত এরূপ গ্যাসের সমসত্ত্ব (homogeneous) মিশ্রণ তৈরী করে। এরূপ গ্যাস-মিশ্রণের পদ্ধতিকে বলা হয় **গ্যাস ব্যাপন** (Diffusion of gas)।

যে কোন গ্যাসের কণাগুলি চঞ্চলভাবে চারিদিকে ছুটিতে চায়। ইহা কোন পাত্রে আবদ্ধ থাকিলে পাত্রের গায়ে আহত হইয়া গ্যাসের কণাগুলি বিভিন্ন দিকে ছড়াইয়া পড়ে। এরূপ বিচ্ছিন্ন কণাগুলির পরস্পরের মধ্যে ফাঁক বা শূন্যতা থাকে। তাই, দুইটি গ্যাস মিশ্রণের সময়ে এরূপ শূন্যস্থানগুলি বিভিন্ন গ্যাসের কণাগুলি দখল করে এবং পরিশেষে মিশ্রিত গ্যাসের সর্বত্র সম-ঘনত্বের সমসত্ত্ব গ্যাস-মিশ্রণ তৈরী হয়।

গ্যাস ব্যাপনের সংজ্ঞা (Diffusion of gas) ঃ পারস্পরিক বিক্রিয়াহীন এবং অসমান ঘনত্বের যে কোন দুইটি বা ততোধিক গ্যাসীয় পদার্থের মধ্যে সংযোগের অবকাশ থাকিলে অভিকর্ষের প্রভাব উপেক্ষা করিয়া ইহারা স্বতঃস্ফূর্তভাবে পরস্পরের মধ্যে ছড়াইয়া পড়িয়া যে পদ্ধতিতে সমসত্ত্ব গ্যাস-মিশ্রণ তৈরী করে, তাহাকে বলা হয় গ্যাস-ব্যাপন।

গ্রেহাম-সূত্রের সমীকরণ (Equation of Graham's Law) ঃ স্থির চাপ ও উষ্ণতায় বা তাপমাত্রায় অবস্থিত বিভিন্ন গ্যাসের ব্যাপনের হার তথা পারস্পরিক মিশ্রণের হার ইহাদের ঘনত্বের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক (inversely proportionate)।

এরূপ গ্যাস-ব্যাপনের **হার** (rate of diffusion) নির্ভর করে গ্যাসের অণুগুলির ওজন (weight) এবং ইহাদের আয়তনের (volume) উপরে, অর্থাৎ ইহাদের পারস্পরিক

বা তুলনামূলক ঘনত্বের উপরে। একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাস কত সময়ের মধ্যে ব্যাপিত হয় বা অন্য গ্যাসের মধ্যে ছড়াইয়া পড়ে তাহা দেখা যায়ঃ

$$\text{ব্যাপনের হার } (r) \; (\text{Rate of diffusion}) = \frac{\text{ব্যাপিত গ্যাসের আয়তন (V)}}{\text{ব্যাপনের সময় } (t)}; \text{ অর্থাৎ, } r=\frac{V}{t}$$

সূত্রের সমীকরণঃ মনে কর, দুইটি গ্যাসের ঘনত্ব (density) যথাক্রমে—d_1 এবং d_2; এবং ইহাদের ব্যাপনের হার (rate of diffusion) যথাক্রমে—r_1 এবং r_2;

যেহেতু গ্যাস দুইটি স্থির চাপ ও তাপমাত্রায় অবস্থিত, গ্রেহাম সূত্রানুযায়ীঃ

$$r_1 \propto \frac{1}{\sqrt{d_1}}; \text{ বা } r_1=\frac{K}{\sqrt{d_1}}; \text{ অথবা } K=r_1.\sqrt{d_1} \; \ldots \text{(i)}$$

$$r_2 \propto \frac{1}{\sqrt{d_2}}; \text{ বা } r_2=\frac{K}{\sqrt{d_2}}; \text{ অথবা } K=r_2\sqrt{d_2} \; \ldots \text{(ii)}$$

সুতরাং, (i) এবং (ii) অনুযায়ীঃ

$$K=r_1\sqrt{d_1}=r_2\sqrt{d_2}; \text{ অথবা } \frac{r_1}{r_2}=\frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}}$$

7·8. গ্রেহাম-সূত্রের উপ-সিদ্ধান্ত (Corollaries)ঃ

(i) **আয়তন ও ঘনত্ব সম্পর্ক** (Relation between volume and density)ঃ গ্যাস ব্যাপনের হারের অর্থঃ

$$\text{ব্যাপনের হার } (r)=\frac{\text{ব্যাপিত গ্যাসের আয়তন}}{\text{ব্যাপনের সময়}}=\frac{V}{t}$$

স্থির চাপ ও তাপমাত্রায় V_1 ও V_2 গ্যাসদ্বয়ের ঘনত্ব যদি হয়—d_1 ও d_2 এবং ইহাদের গ্যাসের হার—r_1 ও r_2 হয় তবেঃ

$$\frac{r_1}{r_2}=\frac{V_1}{t_1}\times\frac{t_2}{V_2}=\frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}} \quad \text{অথবা } \frac{V_1 t_2}{V_2 t_1}=\frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}}$$

যদি সম চাপ এবং তাপমাত্রায় গ্যাস দুইটি সমান সময়ে ব্যাপিত হয়, তবে—$t_1=t_2$; সুতরাং—

$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}}, \quad V\propto\frac{1}{\sqrt{d}}$$

উপসূত্রের সংজ্ঞাঃ সম চাপ ও তাপমাত্রায় দুইটি গ্যাস যদি সমান সময়ের জন্য ব্যাপিত হয়, তবে ইহাদের আয়তন ঘনত্বের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক হইবে।

(ii) **সময় ও ঘনত্বের সম্পর্ক** (Relation between time and density)ঃ যদি ব্যাপিত গ্যাস দুইটির আয়তন সমান হয় ($V_1=V_2$) এবং চাপ ও উষ্ণতার মাত্রা সমান থাকে, তবে,

$$\frac{V_1 t_2}{t_1 V_2}=\frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}} \quad \text{অর্থাৎ } \frac{t_1}{t_2}=\frac{\sqrt{d_1}}{\sqrt{d_2}}$$

$$\text{অথবা } t\propto\sqrt{d}$$

সংজ্ঞা ঃ সম-চাপ ও তাপমাত্রায় অবস্থিত দুইটি সম-আয়তনের গাসের ব্যাপনের সময় ইহাদের ঘনত্বের বর্গমূলের সমানুপাতিক (directly proportional) হইবে।

(iii) **ব্যাপনের হার ও আণবিক ওজনের সম্বন্ধ** (Relation between molecular weight and rate of diffussion) ঃ অ্যাভোগাড্রোর সূত্রের উপসিদ্ধান্ত অনুযায়ী ঃ

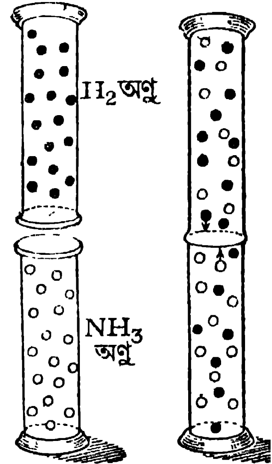
কোন গ্যাসের আণবিক ওজন (M) $=2\times$ ইহার ঘনত্ব (D)

দুইটি গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে যদি হয়—M_1 ও M_2 এবং ইহাদের ঘনত্ব—D_1 ও D_2, তবে, $\frac{r_1}{r_2}=\frac{\sqrt{D_2}}{\sqrt{D_1}}=\frac{\sqrt{M_2/2}}{\sqrt{M_1/2}}$

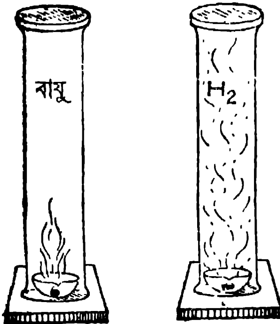
অথবা, $\frac{r_1}{r_2}=\frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{M_1}}$ বা, $r\propto\frac{1}{\sqrt{M}}$

সংজ্ঞা ঃ স্থির বা সম চাপ ও উষ্ণতায় দুইটি গ্যাসের ব্যাপনের হার ইহাদের আণবিক ওজনের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক হইবে।

7·9. গ্যাস ব্যাপনের কয়েকটি পরীক্ষা ঃ



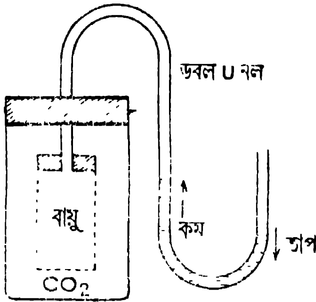
1. একটি অ্যামোনিয়া-ভরা গ্যাস জারের মুখে আরেকটি হাইড্রোজেন ভরা গ্যাস-জার উপুড় করিয়া বসাইয়া দাও এবং গ্যাস-জারের মুখ হইতে ঢাকনী দুইটি সরাইয়া লও। কিছুক্ষণের মধ্যে প্রায় আট-গুণ ভারী অ্যামোনিয়া গ্যাস লঘুতর হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে ব্যাপিত হইবে বা ছড়াইয়া পড়িবে এবং অ্যামোনিয়া গ্যাস উপরের জারে প্রবেশ করিবে। ইহার ফলে অল্প সময়ের মধ্যেই গ্যাস-দুইটির একটি সমসত্ত্ব মিশ্রণ গঠিত হইবে। এখন উপরের গ্যাস জারের মুখে একটি সিক্ত লাল লিটমাস কাগজ ধর। দেখিবে ইহা নীলাভ হইয়া উপরের গ্যাস জারের মধ্যে অ্যামোনিয়ার অস্তিত্ব প্রমাণ করিবে।



বায়ুর হাইড্রোজেনের মধ্যে ব্রোমিনের ব্যাপন

2. দুইটি খর্পরে (crucible) অল্প পরিমাণে তরল ব্রোমিন রাখ। একটি খর্পর একটি খালি (বায়ুপূর্ণ) জার দ্বারা এবং অপর খর্পরটি আরেকটি হাইড্রোজেন পূর্ণ জার দ্বারা ঢাকিয়া দাও। হাইড্রোজেন বায়ুর চেয়ে হালকা বলিয়া উপুড় করা অবস্থায়ও ইহা জারের মধ্যেই থাকিবে। কিছুক্ষণের মধ্যেই দেখিবে যে, হাইড্রোজেন-পূর্ণ

গ্যাসজারটি লালাভ ব্রোমিন গ্যাসে ভরিয়া উঠিবে পক্ষান্তরে বায়ুপূর্ণ জারটিতে ব্রোমিন গ্যাসের বিস্তৃতির পরিমাণ হইবে সামান্য। এরূপ পরীক্ষায় প্রমাণিত হয় যে হালকা হাইড্রোজেন অধিকতর ভারী বায়ুর চেয়ে দ্রুতগতিতে ব্রোমিনের সঙ্গে মিশ্রিত বা ব্যাপিত হয়।



বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে ব্যাপন

3. একটি কাচের ডবল U-নল আকারে গঠিত নল লও এবং ইহার তলায় অল্প পারদ ভর। এই কাচের নলটি বাম-মুখ একটি বায়ুপূর্ণ ঝাঁঝরা পাত্রের (porous pot) মধ্যে ফিট কর। এই ঝাঁঝরা পাত্রটি কার্বন ডাই অক্সাইড পূর্ণ একটি বড় আকারের পাত্রের মধ্যে স্থাপন কর। দেখিবে যে, কিছুক্ষণের মধ্যেই বাম-নলের পারদ উপরের দিকে উঠিবে। কারণ, সচ্ছিদ্র পাত্রের বায়ু কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে অপেক্ষাকৃত লঘু বলিয়া ইহা কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে ব্যাপিত হইয়া মিশ্রিত হইবে। তাহার ফলে সচ্ছিদ্র পাত্রের বায়ুর চাপ হ্রাস পাইবে এবং সেজন্য নলের বাম পাশের পারদ উপরের দিকে উঠিবে।

এই পরীক্ষা তিনটি প্রমাণ করে যে লঘুতর গ্যাস ভারী গ্যাস হইতে দ্রুতবেগে ব্যাপিত (diffused) হয়।

উদাহরণঃ 1. বায়ু ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে ব্যাপনের হারের অনুপাত $-3{\cdot}32$: $2{\cdot}68$; বায়ুর তুলনায় কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব কত হইবে?

মনে কর, বায়ু ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের ব্যাপনের হার যথাক্রমে r_1 এবং r_2 ; ঘনত্ব যথাক্রমে d_1 এবং d_2 ;

সুতরাং গ্রেহাম সূত্র অনুযায়ী ঃ $\frac{r_1}{r_2}=\sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$ ঃ মনে কর, বায়ুর ঘনত্ব এক (1)

[কারণ বায়ুর তুলনায় কার্বন ডাই-অক্সাইড কতকগুণ ভারী তাহা নির্ধারিত করিতে হইবে।]

সুতরাং, $\frac{3{\cdot}32}{2{\cdot}68}=\sqrt{\frac{d_2}{1}}$, $\therefore\ d_2=\left(\frac{3{\cdot}32}{2{\cdot}68}\right)^2$; অথবা $d_2=1{\cdot}535$

সুতরাং বায়ুর তুলনায় কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব 1·535.

2. 100 ml. হাইড্রোজেন ও 100 ml. অক্সিজেনের ব্যাপনের সময় যথাক্রমে 2·45 সেকেণ্ড ও 9·85 সেকেণ্ড। হাইড্রোজেনের তুলনায় অক্সিজেনের ঘনত্ব কত?

মনে কর, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ব্যাপনের হার যথাক্রমে r_1 ও r_2; এবং ইহাদের ব্যাপনের সময় t_1 ও t_2. সুতরাং গ্রেহামের উপসূত্র অনুযায়ী ঃ

$$\frac{t_1}{t_2}=\sqrt{\frac{d_1}{d_2}}\ ;\ \text{অথবা}\ \frac{2{\cdot}45}{9{\cdot}85}=\sqrt{\frac{d_1}{d_2}}$$

অথবা, $\frac{d_2}{1}=\left(\frac{9{\cdot}85}{2{\cdot}45}\right)^2$; $d_2=16{\cdot}15$.

সুতরাং হাইড্রোজেনের তুলনায় অক্সিজেনের ঘনত্ব 16·15.

3. 16 ml. হাইড্রোজেন যদি 30 সেকেণ্ডে ব্যাপিত হয়, তবে সম অবস্থায় কত আয়তন সালফার ডাই-অক্সাইড সম-সময়ে ব্যাপিত হইবে?

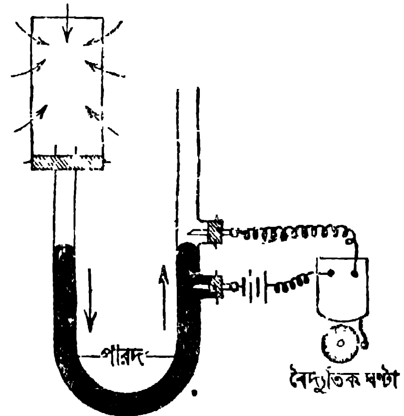
গ্রেহাম সূত্রের উপ-সিদ্ধান্ত অনুযায়ী ঃ

$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}};\quad d_{SO_2}=\frac{64}{2}=32;\ d_{H_2}=1\ V_{H_2}=16;\ V_{SO_2}=?$$

$$\frac{V}{16}=\frac{\sqrt{1}}{\sqrt{32}}\qquad \therefore\ V_{SO_2}=\frac{16}{\sqrt{32}}=2\sqrt{2}\ \text{ml.}$$

7·10. গ্রেহাম সূত্রের প্রয়োগ (Applications of Graham's Law) ঃ

1. কয়লার খনিতে দুর্ঘটনা-নিবারক যন্ত্র (detector) নির্মাণ ঃ কয়লার খনিতে প্রজ্বলনশীল মার্স-গ্যাস বা মিথেন নির্গত হয়। ইহার পরিমাণ বৃদ্ধি পাইলে খনিতে বিস্ফোরণ তথা আগুন জ্বলিবার আশংকা দেখা দেয়। এজন্য মার্স-গ্যাস বা মিথেন গ্যাস মাপক বা নির্দেশক যন্ত্র ব্যবহার করা হয় (Marsh gas detector); এরূপ যন্ত্র গ্রেহাম ব্যাপন-সূত্রের উপরে নির্ভর করিয়া নির্মাণ করা হয়। এরূপ যন্ত্রটি নির্মাণ করা হয় একটি সছিদ্র পাত্রের (porous box) সঙ্গে অর্ধ পারদ-ভরা একটি U-নল যুক্ত করিয়া। U-নলের ডান পাশে পারদের সঙ্গে ব্যাটারীর এক-মুখের তার যুক্ত থাকে। ব্যাটারীর অপর-মুখের তার পারদের সমতলের অল্প উপরে U-নলের সঙ্গে যুক্ত থাকে। খনিতে মার্স-গ্যাসের মাত্রা বৃদ্ধি পাইলে ইহা সছিদ্র বাক্সে প্রবেশ করে এবং বায়ু ও মার্স গ্যাসের যুক্ত চাপের ফলে U-নলের ডান পাশের পারদ উপরে উঠিয়া ব্যাটারীর অপর মুখের সঙ্গে যুক্ত হওয়া মাত্র বিদ্যুৎ-চক্র (circuit) সম্পূর্ণ হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে বিপদ-সংকেতকারী বেলটি বাজিয়া ওঠে। ইহা নির্দেশ করে যে মার্স-গ্যাসের পরিমাণ বিপদের সীমা পার হইয়া গিয়াছে।



2. গ্যাসের ব্যাপন পদ্ধতি প্রয়োগ করিয়া বিভিন্ন ঘনত্বের গ্যাস-মিশ্রণ হইতে সচ্ছিদ্র বিচ্ছেদকের সাহায্যে (porous partition) লঘুতর গ্যাস পৃথক করা যায়।

3. গ্রেহাম সূত্র প্রয়োগ করিয়া গ্যাসের ঘনত্ব এবং তাহার আণবিক ওজন নির্ধারণ করা যায়।

4. শহরে, কলকারখানায় বা মল-মূত্রাগারে যে বিষাক্ত দুর্গন্ধময় গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহা বায়ুর মধ্যে ব্যাপনের ফলে ক্রমশ ইহার ঘনত্ব হ্রাস পায় এবং স্থানটি দুর্গন্ধমুক্ত হয়।

5. প্রাকৃতিক ইয়ুরেনিয়াম 99·3% অংশে, 238 ভরের ইয়ুরেনিয়াম (U^{238}) এবং মাত্র, 0·7% অংশে 235 ভরের ইউরেনিয়াম (U^{235}) দ্বারা আইসোটোপ দ্বারা গঠিত পারমাণবিক বিস্ফোরণের জন্য বিস্ফোরণ-ক্ষম U^{235} গ্যাস ব্যাপন (gaseous diffusion) পদ্ধতি প্রয়োগ করিয়া পৃথক করা হয়। অনুরূপ পদ্ধতিতে অন্যান্য মৌলের আইসোটোপগুলিও পৃথক করা যায়।

প্রশ্ন

1. পদার্থের বিভিন্ন অবস্থা কি কি? 100 ml. নাইট্রোজেন ও 100 ml. অক্সিজেনের উপর নির্দিষ্ট পরিমাণ তাপ ও চাপ বাড়াইলে কি পরিবর্তন হইবে? কোন গ্যাসকে পরম শূন্য তাপমাত্রায় ঠাণ্ডা করিলে কি ঘটিবে?

2. বয়েলের সূত্র বিবৃত কর। ইহাকে সংকেতাকারে প্রকাশ কর। এই সূত্র হইতে কিভাবে গ্যাসের ঘনত্বের সহিত আয়তনের সম্বন্ধ সূত্র নির্ণয় করিবে?

3. চার্লসের সূত্রটি লেখ। ইহার সংকেত কি প্রকারে নির্ণয় করিবে? পরম উষ্ণতার ভাষায় চার্লসের সূত্রের সংজ্ঞা লেখ।

4. প্রমাণ উষ্ণতা ও প্রমাণ চাপ বলিতে কি বোঝ? উহাদের সংকেত লেখা হয় কিভাবে? প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে জলের উপর সংগৃহীত গ্যাসের আয়তন কি প্রকারে নির্ণয় করিবে?

5. বয়েল ও চার্লসের সংযোগ সূত্র অনুযায়ী $\frac{PV}{T}$ একটি নিত্য-সংখ্যা—ইহার ব্যাখ্যা কর।

6. তিন চারটি গ্যাস একত্র মিশ্রিত থাকিলে কোন্ সূত্র প্রযোজ্য এবং কিভাবে উহাদের চাপ নির্ণয় করিবে?

7. 15°C উষ্ণতায় এবং 773 mm. চাপে 288 ml. অক্সিজেন একটি পাত্রের জলের উপর সংগ্রহ করা হইল। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে শুষ্ক গ্যাসের আয়তন কত হইবে? 15°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ 13 mm. [*Ans.* 273 ml.]

8. একটি 250 ml. ফ্লাস্ক 750 mm. চাপে 150 ml. হাইড্রোজেন, 350 mm. চাপে 75 ml. অক্সিজেন এবং 250 mm. চাপে 50 ml. নাইট্রোজেন দ্বারা ভর্তি করা হইল। প্রত্যেক গ্যাসের আংশিক চাপ এবং মিশ্র গ্যাসের চাপ গণনা কর।

[*Ans.* H_2=450 mm. ; O_2=105 mm. ; N_2=50 mm. ; মিশ্র গ্যাসের =605 mm.]

9. 10 বায়ু-চাপে এক পাত্রে 50 লিটার হাইড্রোজেন আছে; 2-বায়ু চাপে সেই গ্যাস দ্বারা 2 লিটার ধারণক্ষমতার কয়টি বেলুন ভর্তি করা যাইবে ? [*Ans.* 125]

10. একটি সিলিণ্ডারে 0°C তাপমাত্রা ও 12 বায়ু-চাপে 300 ml. অক্সিজেন আছে। প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে এক লিটার অক্সিজেন সিলিণ্ডার হইতে বাহির করিয়া লইলে সিলিণ্ডারের ভিতর অবশিষ্ট গ্যাসে চাপ কত হইবে ? [*Anr.* 8·6 বায়ু-চাপ]

11. 27°C ও 760 mm. চাপের একটি গ্যাসের ঘনত্ব 14·4 হইলে, কত তাপমাত্রায় উহার ঘনত্ব 13 হইবে। (চাপের কোন পরিবর্তন হইবে না. [*Ans.* 59·3°C]

12. দুইটি গোলাকার পাত্রে সমপরিমাণ বাতাস আছে। একটি পাত্রের তাপমাত্রা 239°C ও অপরটির 456°C. যদি পাত্রদ্বয়ের ভিতরের ব্যাসার্দ্ধ যথাক্রমে 8 cm. ও 9 cm. হয়, তবে প্রমাণ কর যে দুইটি পাত্রের ভিতরেই বাতাসের চাপ সমান।

13. একটি পাত্রে 10 বায়ু-চাপে 50 লিটার হাইড্রোজেন ভর্তি আছে। 2 লিটার আয়তনবিশিষ্ট কতগুলি বেলুনকে ঐ গ্যাসদ্বারা ভর্তি করা যাইবে, যাহাতে প্রতিটি বেলুনের ভিতরে হাইড্রোজেনের চাপ 2 বায়ুমণ্ডলীয় চাপের সমান হয় ? [*Ans.* 125]

14. প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 40 ml. অক্সিজেনকে 1·2 বর্গ সে. মি. প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট একটি একমুখবন্ধ নলে স্থানান্তরিত করা হইল ও নলের খোলা মুখটিকে একটি পারদপূর্ণ পাত্রে দাঁড় করিয়া রাখা হইল। নলের ভিতরে পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা দেখা গেল 15·6 cm. বায়ুমণ্ডলীয় চাপ 756 mm. ও ঘরের তাপমাত্রা 31°C হইলে, নলটির দৈর্ঘ্য কত ?

[*Ans.* 47 cm.]

15. একটি ফ্লাস্কে 20°C তাপমাত্রায় ও 76 cm. চাপে একটি শুষ্ক গ্যাস ভর্তি করিয়া ফ্লাস্কটির মুখ ছিপি দিয়া বন্ধ করিয়া দেওয়া হইল। যদি ফ্লাস্কের ভিতরকার চাপ 1·76 বায়ুমণ্ডলীয় চাপের সমান হইলে ছিপিটি ছিটকাইয়া বাহির হইয়া যায়, তবে ফ্লাস্কটিকে কত তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ঐ ঘটনা ঘটিবে ? [*Ans.* 225·1°C]

16. 100 ml. হাইড্রোজেন একটি গ্যাসজারে পারদ অপসারণ করিয়া সংগ্রহ করা হইল। গ্যাসজারের মধ্যে পারদস্তম্ভের উচ্চতা পাত্রস্থিত পারদ-তল অপেক্ষা 20 cm. উর্দ্ধে দেখা গেল। গ্যাসজারের ভিতর ও বাহিরে পারদ-তলের উচ্চতা সমান করিলে গ্যাসজারস্থিত হাইড্রোজেনের আয়তন কত হইবে ? [P=760 mm.] [*Ans.* 73·68 ml.]

17. 10°C তাপমাত্রায় অবস্থিত 1 লিটার বাতাসকে উত্তপ্ত করায় উহার আয়তন ও চাপমাত্রা দ্বিগুণ হইল। গ্যাসটিকে কত তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হইয়াছিল ?

[*Ans.* 859°C]

18. 10°C ও 750 mm. চাপে বাতাসের ঘনত্বের সহিত 15°C ও 760 mm. চাপে বাতাসের ঘনত্বের অনুপাত কি হইবে ? [*Ans.* 5400 : 5377]

19. প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 100 ml. অক্সিজেন ও 75 ml. হাইড্রোজেনের মিশ্রণকে 0°C তাপমাত্রায় 400 ml. আয়তনে বাড়িতে দেওয়া হইল। এই অবস্থায় মিশ্রণটির

চাপ কত হইবে? উহাদের আংশিক চাপ গণনা করিয়া দেখাও যে ডালটনের অংশপ্রেষসূত্র এই ক্ষেত্রে যথাযথ পালিত হইতেছে।)

[*Ans.* 332.5 mm. ; আংশিক চাপ : O_2=190 mm.,
H_2=142·5 mm.]

20. বায়ু ও কার্বন ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন, বায়ু ও সালফার ডাই-অক্সাইড, এবং বায়ু ও সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন পরপর সচ্ছিদ্র বিচ্ছেদকের ভিতর দিয়া ফিলটার করিলে কোন্ কোন্ গ্যাস আগে নিষ্ক্রান্ত হইবে?

21. গ্রেহাম সূত্রের সংজ্ঞা লিখ এবং ইহার সমীকরণ নির্দেশ কর। ইহার উপসূত্রটি কি? তাহার সমীকরণ নির্ধারিত করিয়া ব্যাখ্যা কর।

22. বায়ু ও হাইড্রোজেন এবং বায়ু ও কার্বন ডাই-অক্সাইড—কোন্‌টির ব্যাপন-বেগ বেশি তাহা দুইটি পরীক্ষা বর্ণনা করিয়া বুঝাইয়া দাও।

23. গ্রেহাম সূত্রের বাস্তব প্রয়োগ করা হয় কিভাবে? মার্স নির্ধারক যন্ত্রটির বর্ণনা কর।

24. গ্রেহাম-সূত্রের সাহায্যে ইহাদের কারণ লিখ : (i) অ্যামোনিয়ার বোতল খুলিলে অ্যামোনিয়া গ্যাসের গন্ধ পাওয়া যায়। (ii) কলের ধোঁয়া আকাশের দিকে উত্থিত হয়। (iii) কীপ-যন্ত্র খুলিলে পচা ডিমের গন্ধ পাওয়া যায়।

25. কার্বন ডাই-অক্সাইড ও ওজোনের ব্যাপনের হার যথাক্রমে—0·29 এবং 0·274. কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্প-ঘনত্ব 22 হইলে ওজোনের কত? [*Ans.* 34·63]

8

তুল্যাংকভার বা যোজনভার

(Equivalent or Combining weight)

মিথোনুপাত সূত্রের উদাহরণগুলি (পৃঃ—77) বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় যে 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যে যে ওজনের বিভিন্ন মৌলগুলি যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে ঠিক সেই সেই ওজনে (অথবা উহাদের গুণিতকের অনুপাতে) সেই মৌলগুলি পরস্পরে যুক্ত হইয়া বিভিন্ন যৌগ গঠন করে। পরস্পরে যুক্ত হইবার এরূপ ওজনগুলি ঐ সকল মৌলের তুল্যাংকভার।

উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, জলের অণুতে (H_2O) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত তথা H : O=2 : 16=1 : 8; হাইড্রোজেনের যোজ্যতা 1 এবং পারমাণবিক ওজন 1, পক্ষান্তরে অক্সিজেনের যোজ্যতা 2 এবং পারমাণবিক ওজন 16; সুতরাং **একাংশিক যোজ্যতার** জন্য হাইড্রোজেনের ওজন 1 এবং অক্সিজেনের ওজন 8; সেইরূপ মিথেন অণুতে (CH_4) কার্বন ও হাইড্রোজেনের অনুপাত তথা C : H=12 : 4=3 : 1; অর্থাৎ একাংশিক যোজ্যতার জন্য হাইড্রোজেনের ওজন 1 এবং কার্বনের ওজন 3; সুতরাং দেখা যায় যে, একাংশিক যোজ্যতা অনযায়ী 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের অনুপাতে যুক্ত হইয়া জল অণু এবং 3 ভাগ কার্বন 1 ভাগে হাইড্রোজেনের অনুপাতে যুক্ত হইয়া মিথেন অণ গঠন করে।

যোজনভার বা তুল্যাংকভারের কল্পনা মিথোনুপাত সূত্রের প্রত্যক্ষ অবদান। কিরূপ তৌলিক অনুপাতে বিভিন্ন মৌল পরস্পরে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে তাহা নির্দেশ করে মৌলের তুল্যাংকভার বা যোজনভার।

বিভিন্ন মৌলের যোজ্যতা ও পারমাণবিক ওজন বিভিন্ন। একাংশিক যোজ্যতার জন্য বিভিন্ন মৌলের ওজনের যে তুলনামূলক বিভিন্ন সংখ্যা পাওয়া যায় তাহাই বিভিন্ন মৌলের তুল্যাংকভার। অর্থাৎ **তুল্যাংকভারের অর্থ একাংশিক যোজ্যতানুযায়ী মৌলের ওজন**। তুল্যাংকভারের এই তাৎপর্য সাধারণভাবে লেখা যায়ঃ

$$\text{যোজনভার বা তুল্যাংকভার} = \frac{\text{মৌলের পারমাণবিক ওজন}}{\text{যোজ্যতা}}$$

মৌল	তুল্যাংকভার	মৌল	তুল্যাংকভার
হাইড্রোজেন (H)	$\frac{1}{1}=1$	অক্সিজেন (O)	$\frac{16}{2}=8$
ক্লোরিন (Cl)	$\frac{35{\cdot}5}{1}=35{\cdot}5$	সোডিয়াম (Na)	$\frac{23}{1}=23$
ক্যালসিয়াম (Ca)	$\frac{40}{2}=20$	ম্যাগনেসিয়াম (Mg)	$\frac{24}{2}=12$
অ্যালমিনিয়াম (Al)	$\frac{27}{3}=9$	কার্বন (C)	$\frac{12}{4}=3$

8·1. তুল্যাংকভার বা যোজনভারের (Equivalent or combining weights) **সংজ্ঞা ঃ** প্রায় সমস্ত মৌলই হাইড্রোজেন, অক্সিজেন বা ক্লোরিনের সঙ্গে যৌগ গঠন করে। একাংশিক যোজ্যতার জন্য এই মৌল তিনটির ওজন যথাক্রমে 1 (সঠিক 1·008), 8 এবং 35·5 (সঠিক 35·45); সুতরাং সাধারণ গণনায় সুবিধার জন্য তুল্যাংকভারের সংজ্ঞা নির্দেশ করিয়া বলা হয় ঃ

1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন বা 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন অথবা 35·5 ভাগ ওজনের ক্লোরিন যত ভাগ ওজনের কোন মৌলের সঙ্গে যুক্ত হয় অথবা ইহাকে প্রতিস্থাপিত করে,—মৌলের সেই ওজন সংখ্যাকে ইহার তুল্যাংকভার বা যোজনা-ভার বলা হয়।

1 ভাগ হাইড্রোজেন অথবা 8 ভাগ অক্সিজেন বা 35·5 ভাগ ক্লোরিনের সঙ্গে কিরূপ ওজনের বিভিন্ন মৌল যুক্ত হয়, বিভিন্ন যৌগের তৌলিক বিশ্লেষণে তাহা জানা যায়। যথা ঃ

(a) হাইড্রোজেনের বিভিন্ন যৌগের তৌলিক বিশ্লেষণে দেখা যায় ঃ

1 ভাগ হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়

(i) 8 ভাগ O ঃ যৌগ H_2O
(ii) 23 ভাগ Na ঃ যৌগ NaH
(iii) 20 ভাগ Ca ঃ যৌগ CaH_2
(iv) 35·5 ভাগ Cl ঃ যৌগ HCl
(v) 127 ভাগ I ঃ যৌগ HI
(vi) 16 ভাগ S ঃ যৌগ H_2S
(vii) 3 ভাগ C ঃ যৌগ CH_4

(b) অক্সিজেনের বিভিন্ন যৌগের তৌলিক বিশ্লেষণে দেখা যায় ঃ

8 ভাগ অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়

(i) 1 ভাগ H ঃ যৌগ H_2O
(ii) 20 ভাগ Ca ঃ যৌগ CaO
(iii) 12 ভাগ Mg ঃ যৌগ MgO
(iv) 32·6 ভাগ Zn ঃ যৌগ ZnO
(v) 3 ভাগ C ঃ যৌগ CO_2

(c) ক্লোরিনের বিভিন্ন যৌগের তৌলিক বিশ্লেষণে দেখা যায় ঃ

35·5 ভাগ ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হয়

(i) 1 ভাগ H ঃ যৌগ HCl
(ii) 12 ভাগ Mg ঃ যৌগ $MgCl_2$
(iii) 20 ভাগ Ca ঃ যৌগ $CaCl_2$
(iv) 9 ভাগ Al ঃ যৌগ $AlCl_3$

সুতরাং সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম, আয়োডিন, ম্যাগনেসিয়াম, জিংক, কার্বন, অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদির তুল্যাংকভার যথাক্রমে 23, 20, 127, 12, 32·6,3, 9, ইত্যাদি।

তুল্যাংকভার ও গ্রাম-তুল্যাংক (Equivalent and gram-equivalent weight) ঃ পারমাণবিক ওজন একটি তুলনামূলক সংখ্যা মাত্র। অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16 এবং ম্যাগনেসিয়ামের 24, ইহার অর্থ—একটি অক্সিজেন পরমাণু একটি

হাইড্রোজেন পরমাণুর তুলনায় 16 গুণ ভারী এবং একটি ম্যাগনেসিয়াম পরমাণু 24 গুণ ভারী। সেইরূপ তুল্যাংকভারও একটি তুলনামূলক সংখ্যা মাত্র। যথাঃ হাইড্রোজেন, অক্সিজেন বা ক্যালসিয়ামের তুল্যাংকভার যথাক্রমে 1, 8 এবং 20.

গ্রাম হিসাবে লিখিতে হইলে তুল্যাংকভারকে বলা হয় গ্রাম-তুল্যাংক (gram-equivalent wt.)। যথাঃ হাইড্রোজেন, অক্সিজেন বা ক্যালসিয়ামের গ্রাম-তুল্যাংকভার যথাক্রমে 1 গ্রাম, 8 গ্রাম এবং 20 গ্রাম।

একই মৌলের একাধিক তুল্যাংকভার (Variable equivalent weight of an element) ঃ **যে সমস্ত মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা একাধিক তাহাদের তুল্যাংকভারও একাধিক।** যখন কোন মৌল অপর কোন মৌলের সঙ্গে একাধিক যৌগ গঠন করে তখন সেই মৌলের তুল্যাংকভার হয় বিভিন্ন। এরূপ বিভিন্ন যৌগ মৌলের তৌলিক অনুপাত নির্ণয় করিয়া মৌলের বিভিন্ন বা একাধিক তুল্যাংকভার স্থির করা যায়। যথা ঃ

মৌলের একাধিক যৌগ	মৌলের তৌলিক অনুপাত	মৌলের একাধিক তুল্যাংকভার
কিউপ্রাস ক্লোরাইড	(CuCl) Cu : Cl=63·5 : 35·5	Cu=63·5
কিউপ্রিক ক্লোরাইড	($CuCl_2$)Cu : Cl=31·75 : 35·5	Cu=31·75
কার্বন মনক্সাইড	(CO) C : O=6 : 8	C=6
কার্বন ডাই-অক্সাইড	(CO_2) C : O=3 : 8	C=3
নাইট্রাস অক্সাইড	(N_2O) N : O=14 : 8	N=14
নাইট্রিক অক্সাইড	(NO) N : O=7 : 8	N=7
নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড	(N_2O_3) N : O=4·6 : 8	N=4·6
নাইট্রোজেন টেট্রা-অক্সাইড	(N_2O_4) N : O=3·5 : 8	N=3·5
নাইট্রোজেন পেন্টা-অক্সাইড	(N_2O_5) N : O=2·8 : 8	N=2·8

মূলকের তুল্যাংকভার (Equivalent weights of radicals) ঃ মৌলের তুল্যাংকভারের সাহায্যেই মূলকের তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়। 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন বা 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন অথবা 35·5 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সঙ্গে যত ভাগ ওজনের মূলক (radical) যুক্ত হয় তাহাই সেই মূলকের তুল্যাংকভার। যথাঃ

যৌগ	তৌলিক অনুপাতে গঠন	মূলকের তুল্যাংকভার
HNO_3	H : NO_3=1 : 62	NO_3=62
H_2SO_4	H : SO_4=1 : 48	SO_4=48
NH_4Cl	NH_4 : Cl=18 : 35·5	NH_4=18

যোজনভার বা তুল্যাংকভার সূত্র (Law of combining or equivalent weights) ঃ মিথোনুপাত সূত্রটিকে তুল্যাংকভার বা যোজনভার অনুযায়ী বিকল্প প্রণালীতে বর্ণনা করিয়া বলা যায় ঃ

বিভিন্ন মৌল নিজেদের তুল্যাংকভার বা যোজনভারের অনুপাতে পরস্পরে মিলিত হইয়া যৌগ গঠন করে।

যে কোন যৌগ বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় যে, উপাদানের তুল্যাংকভারের অনুপাতে যৌগটি গঠিত। যথাঃ

বিভিন্ন যৌগ	উপাদানের তৌলিক অনুপাত	উপাদানের তুল্যাংকভার
NaCl	Na : Cl $=23:35.5$	Na$=23$; Cl$=35.5$
MgO	Mg : O $=12:8$	Mg$=12$; O$=8$
$CaCO_3$	Ca : $CO_3=20:30$	Ca$=20$; $CO_3=30$
CH_4	C : H $=3:1$	C$=3$; H$=1$

পারমাণবিক ওজন ও তুল্যাংকভার (Atomic weight and Equivalent weight) ঃ কোন মৌলের যোজ্যতা জানা থাকিলে উহার তুল্যাংকভার নির্ণয় করিয়া সহজেই মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়। যথাঃ

$$\text{মৌলের তুল্যাংকভার} = \frac{\text{মৌলের পারমাণবিক ওজন}}{\text{মৌলের যোজ্যতা}}$$

$\therefore$ মৌলের পারমাণবিক ওজন = মৌলের তুল্যাংকভার $\times$ মৌলের যোজ্যতা

মৌলের তুল্যাংকভার	মৌলের যোজ্যতা	মৌলের পারমাণবিক ওজন
Mg$=12$	2	Mg$=12\times2=24$
Al$=9$	3	Al$=9\times3=27$
Ca$=20$	2	Ca$=20\times2=40$

8·2. মৌলের তুল্যাংকভার নির্ণয় (Determination of Equivalent weight) ঃ

নিম্নলিখিত পদ্ধতিতে ধাতু (Metal) ও অধাতুর (Non-metal) তুল্যাংকভার নির্ণয় করা হয়। যথাঃ

1. অধাতব মৌলের তুল্যাংকভার ঃ

(i) অধাতব মৌলের সঙ্গে হাইড্রোজেন সংযোজন পদ্ধতি,

(ii) অধাতব মৌলের অক্সাইড যৌগ গঠন পদ্ধতি, এবং

(iii) অধাতব মৌলের ক্লোরাইড যৌগ গঠন পদ্ধতি।

2. ধাতব মৌলের তুল্যাংকভার ঃ

(i) অ্যাসিড, ক্ষার ও জল হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পদ্ধতি;

(ii) ধাতুকে অক্সাইড যৌগে জারিত বা অক্সাইড যৌগকে ধাতুতে বিজারণ পদ্ধতি;

(iii) ক্লোরাইড যৌগ গঠন অথবা ক্লোরাইড যৌগ হইতে ক্লোরিন বিযুক্ত পদ্ধতি,

(iv) ধাতু দ্বারা ধাতু প্রতিস্থাপন পদ্ধতি ;

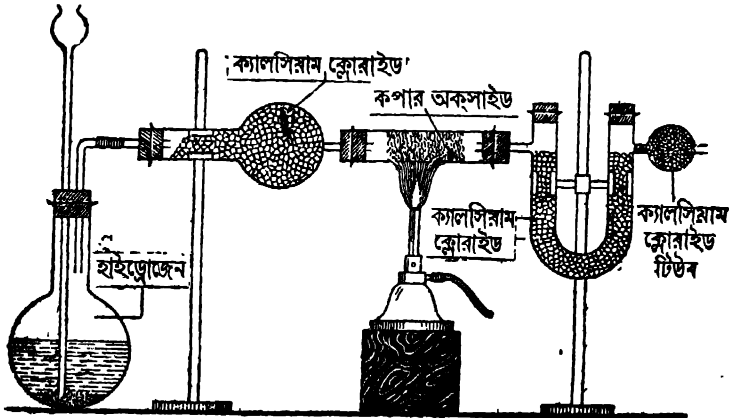
(v) তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংকভার নির্ণয় পদ্ধতি ; [তড়িৎ-বিশ্লেষণ পরিচ্ছেদ দ্রষ্টব্য]

(vi) অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রশমন পদ্ধতি ; [অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি পরিচ্ছেদ দ্রষ্টব্য] এবং

(vii) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি। [তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতির অধ্যায়ে আলোচিত]

8·3. অক্সাইডের গঠন পদ্ধতি (Formation of oxides) : তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর হাইড্রোজেন চালাইয়া **বিজ্ঞানী ডুমা** (Duma) হাইড্রোজেন অক্সাইড বা জল তৈরী করেন এবং জল কত ভাগ হাইড্রোজেন ও কত ভাগ অক্সিজেন দ্বারা গঠিত তাহাও নির্ণয় করেন। বিশুদ্ধ অক্সিজেনের মধ্যে কার্বন দগ্ধ করিয়া তিনি কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী করেন এবং এইভাবে কত ভাগ অক্সিজেনের সঙ্গে কত ভাগ কার্বন যুক্ত হয় তাহাও নির্ণয় করেন। ডুমার পদ্ধতি অনুযায়ী জল ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের তৌলিক গঠনের (gravimetric composition by weight) পরীক্ষা সরলভাবে পুনরাবৃত্তি করিয়া অক্সিজেন ও কার্বনের তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়। (চিত্র : জল-পরিচ্ছেদ দেখ)

(i) **অক্সিজেনের তুল্যাংকভার** (Equivalent wt. of oxygen) : **পরীক্ষা** (Expt) : একটি কাচের দহন-নল (combustion tube) লইয়া উহার মধ্যে অল্প পরিমাণে কালো কপার অক্সাইড (CuO) ভরা হয়। কপার অক্সাইডসহ নলটির ওজন লওয়া হয়। গলিত (fused) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-ভরা একটি U-নলের ওজন লইয়া উহা দহন-নলের ডান পাশে সংযুক্ত করা হয়। ইহার ডানপাশে বায়ু হইতে বাষ্প প্রবেশের পথ বন্ধ করার জন্য গলিত ক্যালসিয়াম



অক্সিজেনের তুল্যাংকভার নির্ণয়ের পরীক্ষা

ক্লোরাইড ভরা আর একটি রক্ষক-নল (guard tube) বিনা-ওজনে সংযুক্ত করিতে হয়। দহন-নলের বাম-পাশে ওজন না করিয়া হাইড্রোজেনের মধ্যে মিশ্রিত বাষ্প শোষণের উদ্দেশ্যে আর একটি বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-ভরা বাল্ব যুক্ত করা হয়। এখন দহন-নলে বাম পাশ

হইতে **বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন** চালাইলে প্রথমে দহন নলের বায়ু অপসারিত করিয়া নলটি হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ হয়। তারপর একদিকে দহন-নলের মধ্যে **শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন** গ্যাস চালাইতে হয় এবং অপর দিকে দহন-নলটি দহন চুল্লীর (combustion burner) উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। হাইড্রোজেন গ্যাস (H_2) উত্তপ্ত কপার অক্সাইডকে (CuO) বিজারিত করিয়া ধাতব কপার (Cu) ও জল (H_2O) তৈরী করে। যথা ঃ

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

U-নলের ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড এই সদ্য উৎপন্ন জলীয় বাষ্প (H_2O) শোষণ করে। কপার অক্সাইডকে সম্পূর্ণভাবে ধাতব কপার রূপে বিজারিত করার পরে হাইড্রোজেন (H_2) গ্যাস চালাইয়া দহন-নলটি ঠাণ্ডা করিয়া ইহার ওজন লইতে হয়। উভয় ওজন স্থির না হওয়া পর্যন্ত পরীক্ষার পুনরাবৃত্তি করা হয়। এখন নিম্নরূপে অক্সিজেনের তুল্যাংকভার গণনা করিতে হয়।

পরীক্ষার আগে CuO+দহন-নলের যুক্ত ওজন $= W_1$ গ্রাম

পরীক্ষার আগে U-নলের ওজন $= W_2$ গ্রাম

পরীক্ষার পরে Cu+দহন-নলের যুক্ত ওজন $= W_3$ গ্রাম

পরীক্ষার পরে জল+Uনলের ওজন $= W_4$ গ্রাম

$\therefore$ অক্সিজেনের ওজন $= (W_1 - W_3)$ গ্রাম

$\therefore$ জলের (H_2O) ওজন $= (W_4 - W_2)$ গ্রাম

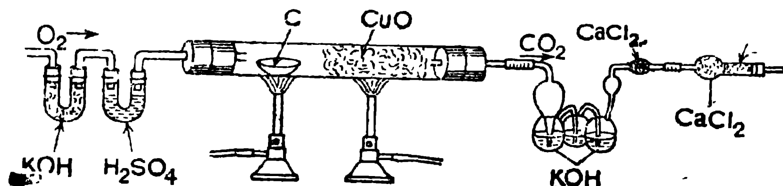
জলের ওজন হইতে অক্সিজেনের ওজন বাদ দিলে হাইড্রোজেনের ওজন পাওয়া যাইবে $= [(W_4 - W_2) - (W_1 - W_3)]$ গ্রাম

সুতরাং অক্সিজেনের তুল্যাংকভার

$$= \frac{\text{অক্সিজেনের ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের ওজন}} = \frac{W_1 - W_3}{(W_4 - W_2) - (W_1 - W_3)}$$

বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায়, হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 1·008 ধরিয়া সেই অনুপাতে অক্সিজেনের তুল্যাংকভার = 8

(ii) **কার্বনের তুল্যাংকভার পরীক্ষা** (Eq. wt. of carbon) ঃ একটি খালি পোরসেলিন **কোশ** (boat) ওজন করা হয়। কোশে অল্প পরিমাণ **শুষ্ক ও বিশুদ্ধ চিনির**



কার্বনের তুল্যাংকভার নির্ণয়ের পরীক্ষা

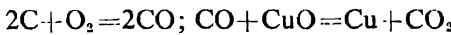
অঙ্গার (sugar charcoal) **লইয়া কোশটি আবার ওজন করিতে হয়। কোশটি একটি** দহন-নলের মধ্যে রাখা হয়। দহন-নলের ডান পাশে কিছু শুষ্ক ও বিশুদ্ধ কপার অক্সাইড

(CuO) ভরিতে হয়। ঘন কস্টিক পটাশ (KOH) দ্রবণ-ভরা **পটাস বাল্‌ব** বা **সোডালাইম** ভরা U-নল লইয়া উহার ডান পাশে একটি গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-ভরা নল সংযুক্ত করা হয়। ইহার পরে পটাশ বাল্‌ব ও $CaCl_2$ নলের যুক্ত ওজন লওয়া হয়।

বাল্‌বের ও নলের ডান মুখে গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-ভরা আর একটি রক্ষক-নল (guard tube) যুক্ত করা হয়। ইহাদের এখন একত্রে সংযুক্ত করা হয় দহন-নলের ডান পাশে। দহন-নলের বাম পাশে পরপর কস্টিক পটাশ (KOH) এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) ভরা অপর দুইটি U-নল রাখা হয়। অক্সিজেনের সঙ্গে দহন-নলে যাহাতে কার্বন ডাই-অক্সাইড বা জলীয় বাষ্প প্রবেশ করিতে না পারে সেজন্য ইহা প্রতিরোধকরূপে ব্যবহার করা হয়। কস্টিক পটাস ভরা U-নল কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড-ভরা নল জলীয় বাষ্প শুষিয়া লয়। দহন-নলে তাই শুধু অক্সিজেন প্রবেশ করে।

এখন প্রথমে কপার অক্সাইড উত্তপ্ত করিয়া বাম দিক হইতে দহন-নলে **শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অক্সিজেন** চালানো হয় এবং দহন-নলটি বাম দিক হইতে ধীরে ধীরে উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করা হয়।

অক্সিজেন, দহন-নলের মধ্যে কোশে রক্ষিত কার্বনের সঙ্গে বিক্রিয়ায়, কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। যথাঃ $C+O_2=CO_2$ অক্সিজেনের স্বল্পতাহেতু যদি আংশিক পরিমাণে কার্বন মনক্সাইড গ্যাস তৈরী হয়, তাহা হইলে সেই গ্যাস (CO) তপ্ত কপার অক্সাইডের (CuO) ভিতর দিয়া প্রবাহিত হওয়ার সময় কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। যথাঃ



$$2C+O_2=2CO;\ CO+CuO=Cu+CO_2$$

দহন-নলে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) নল হইতে বাহির হইয়া পটাস বাল্‌বে প্রবেশ করে এবং বাল্‌বের কস্টিক পটাশ দ্রবণ সমগ্র কার্বন ডাই-অক্সাইড শুষিয়া নেয়।

পটাশ-বাল্‌ব হইতে উৎক্ষিপ্ত বাষ্প শোষণের জন্য পটাস বাল্‌বের ডানপাশে একটি গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-ভরা টিউব সংযোগ করিতে হয়। পটাস বাল্‌বে যাহাতে বায়ুর জলীয় বাষ্প প্রবেশ করিতে না পারে সেজন্য ডান পাশে আরও একটি গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ রক্ষক-নল যুক্ত থাকে।

পরীক্ষার পরে পটাস বাল্‌ব ও $CaCl_2$ নলের ওজন লওয়া হয়। ওজন স্থির না হওয়া পর্যন্ত পরীক্ষার পুনরাবৃত্তি করা হয়। গণনা করা হয় এইভাবেঃ

পরীক্ষার আগে খালি কোশের ওজন $=W_1$ গ্রাম

পরীক্ষার আগে কোশ $+$ কার্বনের ওজন $=W_2$ গ্রাম

$\therefore$ কার্বনের ওজন $=(W_2-W_1)$ গ্রাম

পরীক্ষার আগে পটাস বাল্‌ব ও $CaCl_2$-নলের ওজন $=W_3$ গ্রাম

পরীক্ষার পরে উহাদের এবং CO_2-এর যুক্ত ওজন $=W_4$ গ্রাম

$\therefore$ কার্বন ডাই-অক্সাইডের (CO_2) ওজন $=(W_4-W_3)$ গ্রাম

কার্বন-ডাই-অক্সাইডের (CO_2) ওজন হইতে কার্বনের (C) ওজন বাদ দিলে অক্সিজেনের ওজন পাওয়া যায়। সুতরাং অক্সিজেনের ওজন $= [(W_4 - W_3) - (W_2 - W_1)]$ গ্রাম।

অর্থাৎ $(W_4 - W_3) - (W_2 - W_1)$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় $(W_2 - W_1)$ গ্রাম কার্বনের সঙ্গে। সুতরাং, 8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয়

$$\frac{(W_2 - W_1) \times 8}{(W_4 - W_3) - (W_2 - W_1)} \text{ গ্রাম কার্বনের সঙ্গে।}$$

অতএব, কার্বনের তুল্যাংকভার $= \dfrac{(W_2 - W_1) \times 8}{(W_4 - W_3) - (W_2 - W_1)}$

বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় কার্বনের তুল্যাংকভার $= 3$

[পরীক্ষায় সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ কার্বন লওয়া হয় বলিয়া সমস্ত কার্বন দগ্ধ হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইবে। যদি কোশে কোন ভস্ম থাকে তবে পরীক্ষার আগের কোশ ও কার্বনের যুক্ত ওজন হইতে কোশ ও ভস্মের যুক্ত ওজন বাদ দিয়া কার্বনের ওজন বাহির করিতে হইবে।]

উদাহরণ ঃ 1. 1·2 গ্রাম কার্বনকে দহন করিলে 4·4 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইল। কার্বনের তুল্যাংকভার কত?

কার্বনের (C) ওজন $= 1{\cdot}2$ গ্রাম

কার্বন ডাই-অক্সাইডের (CO_2) ওজন $= 4{\cdot}4$ গ্রাম

$\therefore$ অক্সিজেনের ওজন $= 4{\cdot}4 - 1{\cdot}2 = 3{\cdot}2$ গ্রাম

অর্থাৎ 3·2 গ্রাম অক্সিজেনের যুক্ত হয় 1·2 গ্রাম কার্বনের সঙ্গে

$\therefore$ 8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় $\dfrac{1{\cdot}2 \times 8}{3{\cdot}2} = 3$ গ্রাম কার্বনের সঙ্গে

অর্থাৎ, কার্বনের তুল্যাংকভার $= 3$

2. একটি পরীক্ষায় দেখা গেল যে, 1·120 গ্রাম বিশুদ্ধ কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO) হাইড্রোজেন প্রবাহে বিজারিত করিলে 0·894 গ্রাম কপার পাওয়া যায় কপারের তুল্যাঙ্কভার কত?

CuO-এর ওজন $= 1{\cdot}120$ গ্রাম, কপারের ওজন $= 0{\cdot}894$ গ্রাম

$\therefore$ অক্সিজেনের ওজন $= 1{\cdot}120 - 0{\cdot}894 = 0{\cdot}226$ গ্রাম

অতএব, আমরা পাই ঃ

0·226 গ্রাম অক্সিজেন 0·894 গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত আছে।

$\therefore$ 8 „ „ $\dfrac{0{\cdot}894}{0{\cdot}226} \times 8 = 31{\cdot}65$ „ „ „

সুতরাং, কপারের তুল্যাঙ্কভার $= 31{\cdot}65$.

3. কপারের দুইটি অক্সাইডে যথাক্রমে 88·8% ও 79·9% কপার আছে। প্রতিটি অক্সাইডে কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

প্রথম অক্সাইডে : দেওয়া আছে, Cu=88·8% ∴ O=11·2%

∴ 11·2 ভাগ অক্সিজেন 88·8 ভাগ কপারের সহিত যুক্ত হয়

বা, 1 ,, ,, $\frac{88\cdot8}{11\cdot2}$,, ,, ,, ,,

বা, 8 ,, ,, $\frac{8\cdot88}{11\cdot2}\times8=63\cdot4$ ভাগ কপারের সহিত যুক্ত হয়।

সুতরাং প্রথম অক্সাইডে কপারের তুল্যাঙ্কভার—63·4

দ্বিতীয় অক্সাইডে : কপারের ভাগ 79·9%, সুতরাং, অক্সিজেনের ভাগ 20·1%

সুতরাং, কপারের তুল্যাঙ্কভার $=\frac{\text{কপারের ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}}\times8=\frac{79\cdot9}{20\cdot1}\times8=31\cdot8$

4. 1·78 গ্রাম কপার সালফাইডে 1·15 গ্রাম কপার আছে। সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনে 94·1% সালফার আছে। কপারের তুল্যাঙ্কভার কত ?

সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনে শতকরা 94·1 ভাগ সালফার আছে। সুতরাং, ঐ যৌগে হাইড্রোজেনের শতকরা ভাগ 100−94·1=5·9 ভাগ।

অর্থাৎ, 5·9 ভাগ নাইট্রোজেন 94·1 ভাগ সালফারের সহিত যুক্ত হয়।

সুতরাং, 1 ,, ,, $\frac{94\cdot1}{5\cdot9}$,, ,, ,, ,, ,,

,, 1·008 ,, ,, $\frac{94\cdot1}{5\cdot9}\times1\cdot008=16\cdot04$,,

সুতরাং সংজ্ঞানুযায়ী সালফারের তুল্যাঙ্কভার=16·04

এখন দেওয়া আছে : 17·8 গ্রাম কিউপ্রিক সালফাইডে 1·15 গ্রাম কপার আছে, সুতরাং, 1·15 গ্রাম কপারের সহিত (1·78−1·15)=0·63 গ্রাম সালফার যুক্ত আছে।

∴ সুতরাং, কপারের তুল্যাঙ্কভার $=\frac{\text{কপারের ওজন}}{\text{সালফারের ওজন}}\times$ সালফারের তুল্যাঙ্কভার

$$=\frac{1\cdot15}{0\cdot63}\times16\cdot04=31\cdot6.$$

5. 100 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম 65·6 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়। 8 গ্রাম অক্সিজেন 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়। ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

দেওয়া আছে, 65·6 গ্রাম অক্সিজেন 100 গ্রাম Mg-এর সহিত যুক্ত হয়

∴ 1 ,, ,, $\frac{100}{65\cdot6}$,, ,, ,, ,, ,,

∴ 8 ,, ,, $\frac{100}{65\cdot6}\times8=12\cdot19$ গ্রাম Mg ,,

আরও দেওয়া আছে, 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত 8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয়, সুতরাং অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার 8.

এখন, 8 গ্রাম (অর্থাৎ, তুল্যাঙ্কভার) অক্সিজেনের সহিত 12·19 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম যুক্ত হয়। সুতরাং, ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার 12·19.

6. 1·0813 গ্রাম আয়রণ হইতে 3·1439 গ্রাম ফেরিক ক্লোরাইড পাওয়া যায়। এই যৌগটিতে আয়রণের তুল্যাঙ্কভার কত? আয়রণের পারমাণবিক গুরুত্ব 55·84 হইলে, ফেরিক ক্লোরাইডে আয়রণের যোজ্যতা কত?

1·0813 গ্রাম আয়রন 3·1439 গ্রাম ফেরিক ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। অর্থাৎ, 1·0813 গ্রাম আয়রন 3·1439 – 1·0813 = 2·0626 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হয়। সুতরাং, 35·5 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইবে—

$$\frac{35 \cdot 5 \times 1 \cdot 0813}{2 \cdot 0626} = 18 \cdot 61 \text{ গ্রাম আয়রন।}$$

∴ ফেরিক ক্লোরাইডে আয়রণের তুল্যাঙ্কভার = 18·61.

এখন, আয়রণের পারমাণবিক গুরুত্ব = 55·84; সুতরাং, এই যৌগে আয়রণের যোজ্যতা $= \frac{55 \cdot 84}{18 \cdot 61} = 3$.

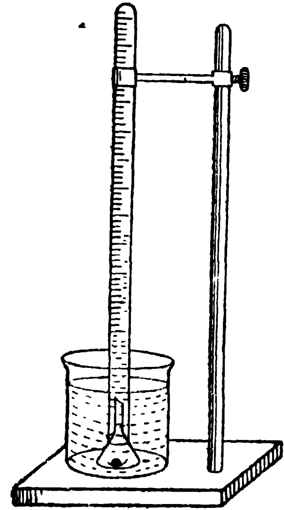
8·4. ধাতুর তুল্যাংকভার (Equivalent weights of Metals) :

হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পদ্ধতি (Hydrogen displacement method) : ধাতুর সঙ্গে লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডেও (HCl বা H_2SO_4) বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন (H_2) গ্যাস তৈরী করা যায়। N.T.P.-তে 1 ml. হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন = ·00009 গ্রাম। ধাতুর সাহায্যে অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন (H_2) গ্যাস উৎপন্ন করিয়া ইহার আয়তন মাপা যায় এবং এই আয়তন N.T.P.-তে কত হইবে তাহাও গ্যাসসূত্র প্রয়োগ করিয়া নির্ণয় করা সম্ভব। এইভাবে কি পরিমাণ ওজনের ধাতু কত পরিমাণ ওজনের হাইড্রোজেন তৈরী করে তাহা নির্ণয় করিয়া ধাতুর তুল্যাংকভার স্থির করা যায়। যথা :

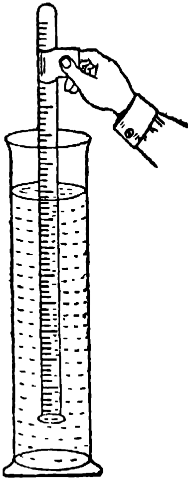
$$\text{ধাতুর তুল্যাংকভার} = \frac{\text{ধাতুর ওজন} \times 1 \cdot 008}{\text{ধাতু কর্তৃক প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

জিংকের তুল্যাংকভার নির্ণয় : একটি ওয়াচ গ্লাসে ছোট এক টুকরা বিশুদ্ধ জিংক রাসায়নিক তুলাদণ্ডে ওজন করিয়া একটি বীকারের মধ্যে রাখিতে হয়। উহার উপর একটি ফানেল উপুড় করিয়া ঢাকিয়া দিতে হয়। ফানেলের নলের মুখ পর্যন্ত ডুবাইয়া বীকারটি জলে পূর্ণ করা হয়। একমুখ বন্ধ এবং আয়তনচিহ্ন-লিখিত একটি জল-ভরা অংশাঙ্কিত নল উপুড় করিয়া ধারকের সাহায্যে জলে ডোবা ফানেলের নলের উপর বসাইয়া রাখা হয়।

এখন বীকারের জলে ধীরে ধীরে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিতে হয়। প্রথমে বিশুদ্ধ জিংকের সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিডের কোন বিক্রিয়া ঘটে না। বীকারে কয়েক ফোঁটা কপার সালফেট দ্রবণ মিশাইয়া দিলে দ্রুত বিক্রিয়া ঘটে। ইহার ফলে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ও জিংকের বিক্রিয়ায় ফানেলের নীচে যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় তাহা অংশাঙ্কিত নলে জমা হয়। (বিক্রিয়া : $Zn + H_2SO_4 = H_2 + ZnSO_4$)। হাইড্রোজেন উৎপাদন সম্পূর্ণ হইলে, বুড়ো আঙ্গুল দিয়া অংশাঙ্কিত নলের খোলা মুখটি বন্ধ করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস-ভরা নলটি একটি জল-ভরা জারের মধ্যে রাখিয়া অংশাঙ্কিত নলের জল এবং জারের জল এক সমতল (same level) করিতে হয়। এই অবস্থায় হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন মাপা হয়। (অংশাঙ্কিত নলের ভিতরের ও বাহিরের জল এক-সমতল না হইলে গ্যাসের আয়তন মাপা নির্ভুল হইবে না। অংশাঙ্কিত নলটি হাত দিয়া না ধরিয়া ভাঁজকরা কাগজ দিয়া জড়াইয়া ধরা উচিত। অন্যথায় হাতের গরমে হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি পাইবে।) এখন পরীক্ষাগারের দেয়ালে সংলগ্ন থার্মোমিটার ও ব্যারোমিটার দেখিয়া ঘরের তাপমাত্রা ও বায়ুর চাপ লিখিয়া লওয়া হয়। পরীক্ষার পরে এইভাবে জিংকের তুল্যাংকভার নির্ণয় করা হয়।



হাইড্রোজেনের উৎপাদন



উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন নির্ণয়

মনে করা যাক, জিংকের ওজন $= W$ গ্রাম; হাইড্রোজেনের আয়তন $= V$ ml. পরীক্ষাগারের উষ্ণতা $= t°C$; বায়ুর চাপ $= P$ মিলিমিটার; $t°C$ তাপ মাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ $= f$ মিলিমিটার।

জলের উপরে সংগৃহীত হওয়ার ফলে হাইড্রোজেন গ্যাসের সঙ্গে কিছু জলীয় বাষ্পও মিশ্রিত থাকে। তাই, অংশাঙ্কিত নলে সংগৃহীত গ্যাসের চাপ $=$ হাইড্রোজেন গ্যাসের চাপ $+$ জলীয় বাষ্পের চাপ (f)। এই যুক্ত বায়ুর চাপের (P) সমান; অর্থাৎ হাইড্রোজেন গ্যাসের চাপ $+ f = P$; সুতরাং শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাসের চাপ $=$ বায়ুর চাপ $-$ জলীয় বাষ্পের চাপ $= (P - f)$ মিলিমিটার।

$(P - f)$ মিলিমিটার চাপে এবং $t°C$ উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন $= V$ ml.; এই V ml.

হাইড্রোজেন গ্যাস N. T. P. অর্থাৎ, প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় ($0^\circ C$ ও 760 mm.) বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত গ্যাস-সূত্র অনুযায়ী যদি হয় V_1 ml., তবে ঃ

$$\frac{V(P-f)}{t+273}=\frac{V_1\times 760}{273+0};\ V_1=\frac{V(P-f)\times 273}{760(t+273)}\text{ ml.}$$

V_1 ml. হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন $=\frac{V(P-f)\times 273}{760(t+273)}\times \cdot 00009$ গ্রাম

[কারণ N.T.P.-তে 1 ml. হাইড্রোজেনের ওজন $=\cdot 00009$ গ্রাম]

$\therefore$ জিংকের তুল্যাংকভার $=\frac{\text{জিংকের ওজন}\times 1\cdot 008}{\text{প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন}}$

$$=\frac{W\times 1\cdot 008}{V_1\times \cdot 00009}=\frac{W\times 1\cdot 008\times 760(t+273)}{V(P-f)\times 273\times \cdot 00009}$$

হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন-পন্থায় ম্যাগনেসিয়াম ও আয়রনের তুল্যাংকভারও নির্ণয় করা যায়। এরূপ পন্থায় টিন ও অ্যালুমিনিয়ামের তুল্যাংকভার নির্ণয়ের পরীক্ষায় সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিতে হয়। একমাত্র জিংক ছাড়া অন্য কোন ধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয় পরীক্ষায় কপার সালফেট মিশাইবার প্রয়োজন নাই। এরূপভাবে তুল্যাংকভার নির্ণয়ের ক্ষেত্রে ধাতু লইতে হয় অল্প পরিমাণে। কারণ, ধাতুর পরিমাণ বেশী হইলে নির্গত হাইড্রোজেন গ্যাসের পরিমাণ বেশি হইয়া অংশাঙ্কিত নল হইতে বাহির হইয়া পড়িবে।

উদাহরণ ঃ 1. 0·15 গ্রাম ধাতুর সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 30 ml. H_2 উৎপন্ন হইল। ধাতুটির তুল্যাংকভার নির্ণয় কর।

N.T.P.-তে 30 ml. H_2-র ওজন $=(30\times \cdot 00009)$ গ্রাম অর্থাৎ, $(30\times \cdot 00009)$ গ্রাম H_2 উৎপন্ন করার জন্য প্রয়োজন 0·15 গ্রাম ধাতু।

$\therefore$ 1 গ্রাম H_2 উৎপন্ন করার জন্য প্রয়োজন $=\frac{0\cdot 15}{30\times \cdot 00009}=55\cdot 5$ গ্রাম ধাতু

অতএব, ধাতুটির তুল্যাংকভার $=55\cdot 5$

2. $17^\circ C$ তাপমাত্রায় ও 754·4 mm. চাপে 0·218 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম ধাতু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 218·2 ml. হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। $17^\circ C$-এ জলীয় বাষ্পের চাপ 14·4 mm. ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাংকভার কত?

হাইড্রোজেনের চাপ $=(P-f)=754\cdot 5-14\cdot 4=740\cdot 1$ m.m.

$17^\circ C$ তাপমাত্রা ও 740·1 mm. চাপে হাইড্রোজেনের আয়তন $=218\cdot 2$ ml.

সুতরাং N.T.P. অর্থাৎ $0^\circ C$ ও 760 mm. চাপে 218·2 ml. গ্যাসের আয়তন যদি হয় V ml. তবে বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্র অনুযায়ী

V ml. হইবে ঃ $\frac{V\times 760}{273}=\frac{218\cdot 2\times 740\cdot 1}{17+273}$

অথবা, $V=\frac{218 \cdot 2\times 740 \cdot 1\times 273}{760\times 790}=200$ ml.

N.T.P.-তে 200 ml. হাইড্রোজেনের ওজন $=(200\times \cdot 00009)$ গ্রাম ; সুতরাং,

ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাংকভার $=\frac{\text{ম্যাগনেসিয়ামের ওজন}}{\text{প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন}}=\frac{\cdot 218}{200\times \cdot 00009}=12 \cdot 12$

3. নিম্ন-প্রদত্ত মানগুলি হইতে ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর :

ধাতুসহ ওজন-পাত্রটির ওজন $=12 \cdot 9580$ গ্রাম

কিঞ্চিৎ ধাতু ঢালিয়া লইবার পর ঐ ওজন $=12 \cdot 9070$ গ্রাম

বহিষ্কৃত ধাতুকে লঘু অ্যাসিডে দ্রবীভূত করার

ফলে উৎপন্ন শুষ্ক হাইড্রোজেনের আয়তন $=19 \cdot 55$ ml.

উৎপন্ন শুষ্ক হাইড্রোজেনের চাপ $=750$ mm.

গ্যাসের আয়তন মাপিবার সময়ের তাপমাত্রা $=27^{\circ}C$

N.T.P.-তে 1 ml. শুষ্ক হাইড্রোজেনের ওজন $=0 \cdot 000089$ গ্রাম।

ধাতুর ওজন (প্রথম ওজন—দ্বিতীয় ওজন) $=12 \cdot 9580-12 \cdot 9070=0 \cdot 0510$ গ্রাম।

শুষ্ক হাইড্রোজেনের আয়তন $=19 \cdot 55$ ml.

তৎকালীন তাপমাত্রা $=27^{\circ}C=273+27=300^{\circ}A$; চাপ $=750$ mm.

$\therefore$ হাইড্রোজেনের N.T.P.-তে আয়তন,

$$V=19 \cdot 55\times \frac{750}{760}\times \frac{273}{300}=17 \cdot 56 \text{ ml.}$$

1 ml. হাইড্রোজেনের (N.T.P.-তে) ওজন $=0 \cdot 000089$ গ্রাম।

$\therefore$ 17·56 ,, ,, ,, $=0 \cdot 000089\times 17 \cdot 56$

$=0 \cdot 00156$ গ্রাম।

এখন, 0·00156 গ্রাম H_2 0·0510 গ্রাম ধাতুর দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

$\therefore$ 1·008 গ্রাম $H_2=\frac{0 \cdot 0510}{0 \cdot 00156}\times 1 \cdot 008$ গ্রাম

$=32 \cdot 7$ গ্রাম ধাতুর দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

সুতরাং সংজ্ঞানুযায়ী, ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার $=32 \cdot 7$.

4. 0·218 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে $17^{\circ}C$ ও 754·5 mm. চাপে 218·2 ml. সিক্ত হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। ($17^{\circ}C$-এ জলের সম্পৃক্ত বাষ্পীয় চাপ $=14 \cdot 4$ mm.)

শুষ্ক হাইড্রোজেনের চাপ $=754 \cdot 5-14 \cdot 4=740 \cdot 1$ mm.

তাপমাত্রা $=17^{\circ}C=273+17=290^{\circ}A$; H_2-এর আয়তন $=218 \cdot 2$ ml.

তাহা হইলে হাইড্রোজেনের N.T.P.-তে আয়তন,

$$V = 218 \cdot 2 \times \frac{273}{290} \times \frac{740 \cdot 1}{760} = 199 \cdot 6 \text{ ml.}$$

199·6 ml. (N.T.P.-তে H_2 এর ওজন $= 0 \cdot 0000898 \times 199 \cdot 6 = 0 \cdot 0179$ গ্রাম

(কারণ, N.T.P.-তে 1 ml. H_2 এর ওজন 0·0000898 গ্রাম)

সুতরাং, 0·0179 গ্রাম H_2, 0·218 গ্রাম Mg দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

$$\therefore \quad 1 \cdot 008 \text{ গ্রাম } H_2 \ldots \frac{0 \cdot 218}{0 \cdot 0179} \times 1 \cdot 008$$

$= 12 \cdot 24$ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

অতএব, সংজ্ঞানুযায়ী ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার $= 12 \cdot 24$.

5. 0·18 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করাইয়া 17°C ও 756·5 mm চাপে জলের উপর 182·7 ml. হাইড্রোজেন সংগ্রহ করা হইল। ম্যাগনেসিয়ামকে নাইট্রোজেন গ্যাসের মধ্যে উত্তপ্ত করিলে যে পদার্থ (ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড উৎপন্ন হয়, তাহাতে 72% ম্যাগনেসিয়াম আছে। ম্যাগনেসিয়াম ও নাইট্রোজেনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। (17°C-এ জলের সম্পৃক্ত বাষ্পীয় চাপ = 14·4 mm.)

সিক্ত হাইড্রোজেনের চাপ = 756·5

জলের সম্পৃক্ত বাষ্পীয় চাপ = 14·4

সুতরাং, শুষ্ক হাইড্রোজেনের চাপ = 742·1 mm.

এখন হাইড্রোজেনের আয়তন = 182·7 ml.

চাপ = 742·1 mm., তাপমাত্রা = 17°C = 290°A

ধর, N.T.P.-তে হাইড্রোজেনের আয়তন V_0 ml.

বয়েল ও চার্লস সূত্র অনুযায়ী $\frac{V_0 P_0}{T_0} = \frac{V_1 P_1}{T_1}$

অথবা, $\frac{V_0 \times 760}{273} = \frac{182 \cdot 7 \times 742 \cdot 1}{290}$

অথবা, $V_0 = \frac{182 \cdot 7 \times 742 \cdot 1 \times 273}{290 \times 760} \text{ ml.} = 168 \text{ ml.}$

এখন, N.T.P.তে 1.ml. H_2 গ্যাসের ওজন $= 0 \cdot 00009$ গ্রাম (প্রায়)।

$\therefore$ 168 ml. H_2 গ্যাসের ওজন $= 0 \cdot 00009 \times 168 = 0 \cdot 01512$ গ্রাম।

অতএব, 0·01512 গ্রাম H_2 পাওয়া যায় 0·18 গ্রাম Mg হইতে

$\therefore$ 1·008 ,, ,, $\frac{0 \cdot 18}{0 \cdot 01512} \times 1 \cdot 008 = 12$ গ্রাম Mg হইতে।

সুতরাং, ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার = 12

আবার, প্রশ্ন হইতে পাই, 100 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইডে 72 গ্রাম Mg আছে।

সুতরাং, 100 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইডে 72 গ্রাম Mg-এর সহিত 28 গ্রাম নাইট্রোজেন আছে।

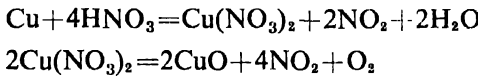
$$\text{অতএব, } N_2\text{-এর তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{নাইট্রোজেনের ওজন}}{Mg\text{-এর ওজন}} \times \text{ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার}$$

$$= \frac{28}{72} \times 12 = 4{\cdot}66 \text{ প্রায়।}$$

8·5. জারণ ও বিজারণ পদ্ধতি (Oxidation and Reduction methods) ঃ জারণের সাধারণ অর্থ কোন ধাতুর সঙ্গে অক্সিজেনের সংযোজন এবং বিজারণের সাধারণ অর্থ ধাতুর অক্সাইড হইতে অক্সিজেন বিয়োজন বা অপসারণ। সুতরাং জারণ ও বিজারণ পন্থায় একটি ধাতু কত পরিমাণ অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত বা উহাকে বিযুক্ত করে তাহা স্থির করিয়া ধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়। কারণ, যে পরিমাণ ধাতু 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত বা উহাকে বিযুক্ত করে তাহাই সেই ধাতুর তুল্যাংকভার।

(i) জারণ পদ্ধতি (Oxidation methods) ঃ কপারের তুল্যাংকভার (Eq. wt. of copper) ঃ

ম্যাগনেসিয়ামের ন্যায় কপারকে বায়ুতে সরাসরিভাবে উত্তপ্ত করিয়া সম্পূর্ণরূপে অক্সাইডে পরিণত করা সম্ভব নয়। তাই, প্রথমে কপার ও নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া কপার নাইট্রেট তৈরী করা হয় এবং এই কপার নাইট্রেট উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিলে ইহা বিয়োজিত হইয়া কালো কিউপ্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। যথা ঃ



$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

$$2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 4NO_2 + O_2$$

পরীক্ষা ঃ ঢাক্‌নিসহ একটি শুষ্ক পোরসেলিন মুচি ওজন করা হয়। মুচিতে কয়েক টুকরা কপার লইয়া ঢাক্‌নিসহ মুচিটি আবার ওজন করা হয়। মুচিতে কয়েক ফোঁটা নাইট্রিক অ্যাসিড ঢালা হয়। কপারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বাদামী রঙের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়। এবং কপার অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া কপার নাইট্রেট দ্রবণে পরিণত হয়। এই কপার নাইট্রেট দ্রবণ জলগাহ (water bath)-এর উপর রাখিয়া শুষ্ক করা হয়। শুষ্ক কপার নাইট্রেট-ভরা মুচিটি ত্রিকোণ ধারকের উপর রাখিয়া ধীরে ধীরে উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিয়া সম্পূর্ণভাবে কালো কপার অক্সাইডে পরিণত করিয়া ওজন লওয়া হয়। ওজন স্থির না হওয়া পর্যন্ত মুচিটি বারবার উত্তপ্ত করা হয়।

পরীক্ষার পরে এইভাবে গণনা করা হয় ঃ

শুষ্ক মুচির ওজন $= W_1$ গ্রাম ; মুচি + কপারের ওজন $= W_2$ গ্রাম

$\therefore$ কপারের (Cu) ওজন $= (W_2 - W_1)$ গ্রাম

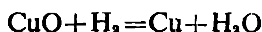
এবং মুচি + কপার অক্সাইডের (CuO) ওজন $= W_3$ গ্রাম

কপারের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $=(W_3-W_2)$ গ্রাম

সুতরাং কপারের তুল্যাংকভার $=\dfrac{(W_2-W_1)}{(W_3-W_2)}\times 8=31\cdot75$ (গ্রাম)

জিংক, লেড ইত্যাদির তুল্যাংকভারও এইভাবে প্রথমে নাইট্রেট লবণে এবং পরে অক্সাইডে পরিণত করিয়া নির্ণয় করা হয়।

(ii) **বিজারণ-পদ্ধতি** (Reduction method) ঃ আয়রন ও কপারের তুল্যাংকভার বিজারণ পন্থায়ও নির্ণয় করা যায়। অতি-তপ্ত ধাতুর অক্সাইডের উপর হাইড্রোজেন গ্যাস চালাইলে ধাতুর অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতুতে পরিণত হয়। যথা ঃ



$$CuO+H_2=Cu+H_2O$$

প্রথমে ধাতুর অক্সাইডের ওজন নির্ণয় করা হয় এবং বিজারণ ক্রিয়ার পরে ধাতুর স্থির ওজন নির্ণয় করা হয়। তুল্যাংক গণনা করা হয় এইভাবে ঃ

ধাতুর অক্সাইডের ওজন $=W_1$ গ্রাম

বিজারণের পরে প্রাপ্ত ধাতুর ওজন $=W_2$ গ্রাম

$\therefore$ অক্সিজেনের ওজন $=(W_1-W_2)$ গ্রাম

(W_1-W_2) গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় W_2 গ্রাম ধাতুর সঙ্গে

সুতরাং, 8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় $\dfrac{W_2}{W_1-W_2}\times 8$ গ্রাম ধাতুর সঙ্গে

$\therefore$ ধাতুর তুল্যাংকভার $=\dfrac{W_2}{W_1-W_2}\times 8$

গণনা ঃ 2 গ্রাম কপার হইতে প্রাপ্ত কপার নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলে 2·508 গ্রাম কপার অক্সাইড উৎপন্ন হইল। কপারের তুল্যাংকভার কত ?

কপার অক্সাইডের ওজন $=2\cdot508$ গ্রাম; কপারের ওজন $=2$ গ্রাম

$\therefore$ অক্সিজেনের ওজন $=(2\cdot508-2)=\cdot508$ গ্রাম

সুতরাং ·508 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় 2 গ্রাম কপারের সঙ্গে।

$\therefore$ 8 ,, ,, $\dfrac{2}{\cdot508}\times 8=31\cdot5$ গ্রাম কপারের সঙ্গে

সুতরাং কপারের তুল্যাংকভার $=31\cdot5$

8·6. ক্লোরিন সংযুক্তি বা বিযুক্তি পদ্ধতি ঃ (i) সিলভারের তুল্যাংকভার (Eq. wt. of silver) ঃ এক টুকরা সিলভারের ওজন লওয়া হইল। এই সিলভারের টুকরাটি নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া নাইট্রেট পরিণত হয়। যথা ঃ

$$Ag+2HNO_3=AgNO_3+H_2O+NO_2$$

এই সিলভার নাইট্রেটের সঙ্গে কিছুটা অধিক পরিমাণে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl)

মিশানো হইল। এই বিক্রিয়ায় সমস্ত সিলভার সাদা সিলভার ক্লোরাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হইবে।


যথা : $AgNO_3 + HCl = AgCl \downarrow + HNO_3$

এই অধঃক্ষিপ্ত সিলভার ক্লোরাইড (AgCl) ছাঁকিয়া লইয়া এবং উত্তাপে শুষ্ক করিয়া ইহার স্থির ওজন গ্রহণ করা হইল। এখন এইভাবে গণনা করা হয়।

সিলভারের ওজন $= W_1$ গ্রাম, সিলভার ক্লোরাইডের ওজন $= W_2$ গ্রাম

∴ ক্লোরিনের ওজন $= (W_2 - W_1)$ গ্রাম

35·5 ভাগ ক্লোরিন যত ভাগ ওজনের সিলভারের সঙ্গে যুক্ত হয় তাহাই সিলভারের তুল্যাংকভার।

সুতরাং সিলভারের তুল্যাংকভার $= \frac{(35{\cdot}5 \times W_1)}{(W_2 - W_1)} = 107{\cdot}9$ [পরীক্ষার ফল]

দ্রষ্টব্য :—সিলভারের তুল্যাংকভার নির্ণীত হয় সাধারণত তড়িদ্‌বিশ্লেষণ উপায়ে।

(ii) **সোডিয়াম বা পটাসিয়ামের তুল্যাংকভার** (Equivalent weight of sodium or potassium) : সোডিয়াম বা পটাসিয়াম বিশুদ্ধভাবে ওজন করা যায় না। কারণ, ইহারা বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায়। তাই, ইহাদের তুল্যাংকভার নির্ণয় করা হয় পরোক্ষভাবে।

পরীক্ষা : অল্প পরিমাণে সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ক্লোরাইড ওজন করা হয়। এই লবণ পাতিত জলে দ্রবীভূত করিয়া ইহার সঙ্গে পর্যাপ্ত পরিমাণে বিশুদ্ধ সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ মিশাইলে বিক্রিয়ার সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ক্লোরাইডের সমস্ত ক্লোরিন সিলভার ক্লোরাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। $NaCl + AgNO_3 = AgCl \downarrow + NaNO_3$

এই সিলভার ক্লোরাইড (AgCl) অধঃক্ষেপ ছাঁকিয়া এবং কয়েকবার শুষ্ক করিয়া ইহার স্থির ওজন লওয়া হয়। এখন এইভাবে গণনা করা হয় :

সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ক্লোরাইডের ওজন $= W_1$ গ্রাম

সিলভার ক্লোরাইডের ওজন $= W_2$ গ্রাম

মনে করা যাক, সোডিয়ামের তুল্যাংকভার $= x$

যে কোন যৌগ গঠিত হয় উপাদানের তুল্যাংকভারের অনুপাতে। সুতরাং সোডিয়াম ক্লোরাইডের তুল্যাংকভার = সোডিয়ামের তুল্যাংকভার + ক্লোরিনের তুল্যাংকভার $= x + 35{\cdot}5$ [কারণ, ক্লোরিনের তুল্যাংকভার $= 35{\cdot}5$]

যোজনভার সূত্র অনুযায়ী :

$$\frac{\text{সোডিয়াম ও ক্লোরিনের যুক্ত তুল্যাংকভার}}{\text{সিলভার ও ক্লোরিনের যুক্ত তুল্যাংকভার}} = \frac{\text{সোডিয়াম ক্লোরাইডের ওজন } (W_1)}{\text{সিলভার ক্লোরাইডের ওজন } (W_2)}$$

[কারণ, সোডিয়াম, সিলভার ও ক্লোরিন (Na, Ag ও Cl) পরস্পর যুক্ত হয় তুল্যাংকভারের অনুপাতে]

অথবা, $$\frac{x + 35{\cdot}5}{107{\cdot}8 + 35{\cdot}5} = \frac{W_1}{W_2}$$

বা, $x=\left(143\cdot3\times\frac{W_1}{W_2}\right)-35\cdot5=23$ (পরীক্ষালব্ধ ফল)

গণনা ঃ 1 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা প্রতিস্থাপিত সিলভার ক্লোরাইডের ওজন 1·926 গ্রাম, সিলভারের তুল্যাংকভার 108 এবং ক্লোরিনের তুল্যাংকভার 35·5 হইলে পটাসিয়ামের তুল্যাংকভার কত ?

মনে কর, পটাসিয়ামের তুল্যাংকভার $= x$

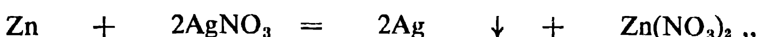
সুতরাং $\frac{\text{KCl-এর ওজন}}{\text{AgCl-এর ওজন}}=\frac{35\cdot5+x}{35\cdot5+108}$; কিন্তু প্রশ্ন অনুযায়ী,

$\frac{\text{KCl-এর ওজন}}{\text{AgCl-এর ওজন}}=\frac{1}{1\cdot926}$; সুতরাং $\frac{35\cdot5+x}{35\cdot5+108}=\frac{1}{1\cdot926}$ অথবা $x=39$;

8·7. ধাতু দ্বারা ধাতু প্রতিস্থাপন পদ্ধতি (Displacement of one metal by another) ঃ জিংক বা আয়রন ধাতু কপার সালফেট দ্রবণ হইতে কপার প্রতিস্থাপিত করে এবং সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ হইতে জিংক প্রতিস্থাপিত করে সিলভার। অর্থাৎ পারস্পরিক বিক্রিয়ায় উচ্চতর ইলেকট্রোপজিটিভ ধাতু নিম্নতর ইলেকট্রোপজিটিভ ধাতুকে প্রতিস্থাপিত করে।


$Zn + CuSO_4 = Cu \downarrow + ZnSO_4$ (দ্রবণীয়)


$Fe + CuSO_4 = Cu \downarrow + FeSO_4$,,


$Zn + 2AgNO_3 = 2Ag \downarrow + Zn(NO_3)_2$,,

এই বিক্রিয়াগুলি হইতে দেখা যায়, একটি ধাতু অপর ধাতুকে ঠিক তুল্যাংকভারের অনুপাতে প্রতিস্থাপিত করে, অর্থাৎ গ্রাম 32·5 গ্রাম জিংক, 31·5 গ্রাম কপার ; 28 গ্রাম আয়রন, 31·5 গ্রাম কপার এবং 32·5 গ্রাম জিংক 108 গ্রাম সিলভার প্রতিস্থাপিত করে। সুতরাং এরূপ প্রতিস্থাপনের বিক্রিয়া হইতে ব্যবহৃত ও প্রতিস্থাপিত ধাতুর ওজন লইয়া একটি ধাতুর তুল্যাংকভার জানিয়া অন্য ধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়।

জিংকের তুল্যাংকভার (Equivalent weight of zinc) ঃ **পরীক্ষা ঃ** ছোট এক টুকরা বিশুদ্ধ জিংক ভাল তুলাদণ্ডে ওজন করিয়া ইহা কপার সালফেট দ্রবণে রাখিতে হয়। বেশ কিছুক্ষণ বিক্রিয়ার পরে জিংক দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং দ্রবণের তলায় কিছু পরিমাণ কপার অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই কপার পরিস্রুত ও শুষ্ক করিয়া ইহার স্থির ওজন লওয়া হয়। এখন এইভাবে গণনা করা হয় ঃ

জিংকের ওজন $= W_1$ গ্রাম, কপারের ওজন $= W_2$ গ্রাম কপারের তুল্যাংকভার $= 31\cdot5$

W_2 গ্রাম কপার W_1 গ্রাম জিংক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়

∴ 31·5 গ্রাম কপার প্রতিস্থাপিত হয় $\frac{W_1}{W_2}\times31\cdot5$ গ্রাম জিংক দ্বারা।

জিংকের তুল্যাংকভার $=\frac{W_1}{W_2}\times31\cdot5=32\cdot5$ [পরীক্ষালব্ধ ফল]

এরূপ প্রতিস্থাপন পদ্ধতিতে **আয়রন, সিলভার ও কপারের** তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়।

গণনা ঃ 2·06 জিংক, কপার সালফেট দ্রবণ হইতে 2 গ্রাম কপার প্রতিস্থাপন করে। জিংকের তুল্যাংকভার 32·5 হইলে কপারের তুল্যাংকভার কত?

2·06 গ্রাম জিংক প্রতিস্থাপিত করে 2 গ্রাম কপার

∴ 32·5 গ্রাম ,, ,, ,, $\frac{2}{2 \cdot 06} \times 32 \cdot 5 = 31 \cdot 55$ গ্রাম কপার

সুতরাং কপারের তুল্যাংকভার $= 31 \cdot 55$

প্রশ্ন

1. তুল্যাংকভার কাহাকে বলে? তুল্যাংকভারের সহিত পারমাণবিক ওজন ও যোজ্যতার সম্বন্ধ নির্ণয় কর।

2. প্রয়োজনীয় গণনাসহ হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পদ্ধতির দ্বারা জিংকের তুল্যাংকভার নির্ণয়ের প্রণালী বর্ণনা কর। [*H.S. Exam.* 1961]

3. 1·49 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা প্রতিস্থাপিত সিলভার ক্লোরাইডের ওজন 2·87 গ্রাম। সিলভারের তুল্যাংকভার 108 হইলে পটাসিয়ামের তুল্যাংকভার কত? [*Ans.* 39]

4. 0·1 গ্রাম ধাতু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 32·4 ml. হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতুটির তুল্যাংকভার কত? [*Ans.* 32·49]

5. 0·3 গ্রাম ধাতু 0°C ও 760 মি. মি. চাপে 85 ml. হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতুটির তুল্যাংকভার কত? [*Ans.* 39·5]

6. 1·05 গ্রাম ধাতুকে জারিত করিয়া 1·50 গ্রাম ধাতব অক্সাইড পাওয়া যায়। ধাতুটির তুল্যাংকভার কত? [*Ans.* 18·66]

7. আয়রনের দুইটি ক্লোরাইড যৌগে যথাক্রমে 34·4% এবং 44% আয়রণ আছে। আয়রণের তুল্যাংকভার কত? [*Ans.* 18·6, 27·9]

8. একটি ধাতুর তুল্যাংকভার 12 ও ক্লোরিনের তুল্যাংকভার 35·5। কি পরিমাণ ধাতু 0·475 গ্রাম ক্লোরাইড যৌগ উৎপন্ন করিবে? [*Ans.* 0·12 গ্রাম]

9. কোনও মৌলের তুল্যাংকভার কাহাকে বলে? পরীক্ষার দ্বারা কিরূপে অক্সিজেন অথবা কার্বনের তুল্যাংকভার নির্ণয় করিবে বর্ণনা কর। [*H.S. Exam.*, 1962]

10. 0·075 গ্রাম একটি ধাতু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে N.T.P.-তে 69·69 ml. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতুটির রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক কত? [*Ans.* 11·9]

11. 0·86 গ্রাম টিন ধাতু ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা সম্পূর্ণরূপে জারিত হইয়া 1·091 গ্রাম SnO_2 উৎপন্ন করে। টিনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [*Ans.* 29·78]

12. একটি ধাতুর 5 গ্রাম লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় 0·0846 গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ঐ একই পরিমাণ ধাতু অনেকক্ষণ বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে 6·35 গ্রাম অক্সাইড তৈরী হয়। প্রতিটি ক্ষেত্রে ধাতুটির তুল্যাংকভার কত? [*Ans.* 59·1 ; 29·55]

13. 0·177 গ্রাম ওজনের একটি ধাতুকে লঘু অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে 12°C ও 766 mm. চাপে 177 ml. শুষ্ক হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। ধাতুটির তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। [*Ans.* 11.57]

14. 0·1083 গ্রাম জিঙ্ক লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় N.T.P.-তে 37·3 ml. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। আবার, 0·13 গ্রাম জিঙ্ক কপার সালফেট দ্রবণ হইতে 0·127 গ্রাম কপার অধঃক্ষিপ্ত করে। কপারের তুল্যাংকভার কত? [*Ans.* 31·35]

15. কপারের দুইটি অক্সাইড আছে। প্রতিটির 1·5 গ্রাম লইয়া হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে যথাক্রমে 1·198 গ্রাম ও 1·322 গ্রাম অবশেষ পাওয়া যায়। প্রতিক্ষেত্রে কপারের তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। [*Ans.* 31·73 ; 63·46]

16. 1·72 গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইডকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করায় যে পরিমাণ অক্সিজেন উৎপন্ন হয় তাহা 12°C ও 750 mm. চাপে 94 ml. আয়তন অধিকার করে। পারদের রাসায়নিক তুল্যাংক নির্ণয় কর। [*Ans.* 100·4]

17. একটি ধাতুর ক্লোরাইডের 1 গ্রাম লইয়া জলে দ্রবীভূত করা হইল ও উহাতে অতিরিক্ত পরিমাণ সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ মিশানো হইল। অধঃক্ষিপ্ত সিলভার ক্লোরাইডের শুষ্ক অবস্থায় ওজন 2·110 গ্রাম। ধাতুটির তুল্যাংকভার কত? [*Ans.* 32·5]

18. আয়রণের তিনটি অক্সাইডে অক্সিজেনের শতকরা ভাগ যথাক্রমে 22·2, 30 ও 27·6. প্রতিটি অক্সাইডে আয়রণের তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। আয়রণের পারমাণবিক গুরুত্ব 56 হইলে অক্সাইড তিনটির সংকেত কী হইবে?

[*Ans.* 28·03, 18·66, 20·96 ; FeO, Fe_2O_3, Fe_3O_4]

19. হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসকে (আপেক্ষিক ঘনত্ব=17) টিনের সহিত উত্তপ্ত করিলে উহা হাইড্রোজেনে পরিণত হয় কিন্তু বিক্রিয়ার পর গ্যাসীয় আয়তনের কোন তারতম্য হয় না। সালফারের তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। [*Ans.* 16]

20. একটি ধাতুর 2·67 গ্রাম ক্লোরাইডকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা উত্তপ্ত করিয়া 3·42 গ্রাম পরিমাণ ধাতুটির সালফেট পাওয়া গেল। ধাতুটির তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। [*Ans.*9]

9

পারমাণবিক গুরুত্ব বা ওজন নির্ণয়

(Determination of Atomic Weight)

লঘুতম মৌল হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর গুরুত্ব বা ওজন এক (1) ধরিয়া ইহার তুলনায় অন্যান্য মৌলের এক একটি পরমাণুর ওজন কত,—এই পদ্ধতি অনুসরণ করিয়া বিজ্ঞানী ডালটন 1803 খৃষ্টাব্দে বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের উপায় উদ্ভাবন করেন। 1805 খৃষ্টাব্দে বেলজিয়াম বিজ্ঞানী জে. এস. স্টাস (Stas) অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ওজন ষোল (16) ধরিয়া উহার তুলনায় অন্যান্য মৌলের এক একটি পরমাণুর গুরুত্ব নির্ণয় করিয়া মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব বা ওজন নির্ণয়ের অধিকতর নির্ভুল পদ্ধতির প্রবর্তন করেন। 1838 খৃষ্টাব্দে এই পদ্ধতি অনুযায়ী বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব স্থির করা হয়। 1861 খৃষ্টাব্দে কার্বনের পরমাণুর গুরুত্ব বার (12) ধরিয়া ইহার তুলনায় অন্যান্য মৌলের গুরুত্ব নির্ণয় করিয়া সর্বশেষ নির্ভুল পদ্ধতিতে বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা হয়। পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন এবং কার্বন স্কেলগুলোর সংজ্ঞা ও প্রবর্তনের কারণ পূর্বে আলোচনা করা হইয়াছে। রসায়নের প্রথমে মৌলসমূহের আধুনিক গুরুত্বের তালিকাও দেওয়া হইয়াছে। তাত্ত্বিক, ব্যবহারিক, বিশ্লেষণী বা বাণিজ্যিক রসায়নের গণনার জন্য এরূপ পারমাণবিক গুরুত্বের তালিকা **আংকিক রসায়নের** (chemical mathematics) ভিত্তি স্বরূপ।

9·1. তুল্যাংকভার ও পারমাণবিক গুরুত্ব (Relation between equivalent wt. and atomic weight.) ঃ

তুল্যাংকভারের সাহায্যে সহজে এবং নির্ভুলভাবে পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা সম্ভব। মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্বের সঙ্গে তুল্যাংকভারের একটি সরল সম্বন্ধ বর্তমান।

মনে কর, কোন একটি মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব (at. wt.) $=A$; যোজ্যতা (valency) $=V$ ও তুল্যাংকভার (eq. wt.) $=E$.

যোজ্যতার সংজ্ঞা অনুযায়ী বলা যায় যে, **মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা যত সেই মৌলিক পদার্থটি তত সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইতে পারে।** [যথা ঃ অক্সিজেনের যোজ্যতা 2, তাই অক্সিজেন (O) দুইটি হাইড্রোজেনের পরমাণুর (H) সঙ্গে যুক্ত হইয়া গঠন করে জল অণু (H_2O)। যেহেতু মৌলিক পদার্থটির যোজ্যতা **V**, সুতরাং V সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু মৌলিক পদার্থটির একটি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইতে পারে।

V সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন $=V\times 1=V$

এবং মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণুর ওজন $=A$

তাই, পরমাণুর সংখ্যার পরিবর্তে পরমাণুর গুরুত্ব বা ওজন হিসাবে লেখা যায়ঃ V-ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হইতে পারে A ভাগ ওজনের মৌলিক পদার্থ ;

$\therefore$ 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হইতে পারে $\frac{A}{V}$ ভাগ ওজনের মৌলিক পদার্থ।

তুল্যাংকভারের সংজ্ঞা অনুযায়ী **1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যত ভাগ ওজনের যে-কোন মৌল যুক্ত হয় তাহাই সেই মৌলের তুল্যাংকভার।**

তাই, $\frac{A}{V}$ = মৌলের তুল্যাংকভার = E

সুতরাং, $A = E \times V$ বা $E = \frac{A}{V}$; অর্থাৎ তুল্যাংকভার $= \frac{\text{পারমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{যোজ্যতা}}$

অথবা, **পারমাণবিক গুরুত্ব = তুল্যাংকভার × যোজ্যতা**

সংকেত অনুযায়ীঃ $A = E \times V$

এই সমীকরণের সহায়তায় যে-কোন মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়। এই সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে **কোন মৌলের যোজ্যতা যদি হয় 1, তবে সেই মৌলের পারমাণবিক ওজন ও তুল্যাংকভার সমান হইবে।** এক যোজক ক্লোরিন ও সোডিয়ামের তুল্যাংকভার ও পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে 35·5 এবং 23 ; কপারের যোজ্যতা 1, 2 ; সুতরাং, ইহাদের তুল্যাংকভার যথাক্রমে 63·5 এবং 31·75.

উদাহরণ ঃ 1. অক্সিজেনের তুল্যাংকভার 8 এবং যোজ্যতা 2। অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব কত ?

পারমাণবিক গুরুত্ব ও তুল্যাংকভারের সমীকরণ অনুযায়ী পারমাণবিক গুরুত্ব $(A) = E \times V = 8 \times 2 = 16$.

পারমাণবিক ওজন নির্ণয় (Determination of atomic weight)

মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের বিভিন্ন পদ্ধতির মধ্যে নিম্নলিখিত পদ্ধতি কয়টি সুপরিচিত ঃ

1. ডুলং ও পেটিট সূত্রের (Dulong and Petit's Law) প্রয়োগ পদ্ধতি।
2. *অ্যাভোগাড্রো-সূত্রের প্রয়োগ তথা ক্যান্নিজারোর* (Cannizzaro) পদ্ধতি।
3. মিত্সারলিকের সমাকৃতি সূত্রের (Mitscherlich's law of isomorphism) প্রয়োগ পদ্ধতি।
4. বাষ্প-ঘনত্ব ভিত্তিক পদ্ধতি (Vapour density method)।

এই কয়েকটি ছাড়াও পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের আরও পদ্ধতি আছে।

9·2. নির্ভুল পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের সাধারণ পদ্ধতি ঃ এরূপ পদ্ধতি অবলম্বন করিয়া কোন মৌলিক পদার্থের যে পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা হয় তাহা সাধারণত **আনুমানিক** (approximate), কিন্তু বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের তুল্যাংকভার নির্ভুলভাবে

নির্ণয় করা যায় এবং মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা অবশ্যই একটি পূর্ণসংখ্যা হইবে। সুতরাং উভয়ের গুণফলে নির্ভুল পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়। মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা হয় সাধারণত এইভাবে ঃ

(i) প্রথমে, মৌলিক পদার্থটির নির্ভুল **তুল্যাংকভার** নির্ণয় করা হয়।

(ii) পরে, উপরের যে-কোন একটি পদ্ধতি অবলম্বনে মৌলিক পদার্থের **আনুমানিক** (approximate) **পারমাণবিক ওজন** নির্ণয় করা হয়।

(iii) অতঃপর আনুমানিক পারমাণবিক ওজনকে তুল্যাংকভার দ্বারা ভাগ করিয়া মৌলিক পদার্থের **যোজ্যতা** স্থির করা হয়। [$A = E \times V$ বা $V = A/E$]। **যোজ্যতা সব সময়েই একটি পূর্ণ সংখ্যা।**

(iv) অবশেষে **মৌলিক পদার্থের এই যোজ্যতা-সংখ্যা দ্বারা তুল্যাংকভারকে গুণ করিয়া সঠিক** (exact) **পারমাণবিক ওজন** স্থির করা হয়।

1. **ডুলং ও পেটিট সূত্রের প্রয়োগ পদ্ধতি** (Application of Dulong and Petit's Law) ঃ বিজ্ঞানী ডুলং ও পেটিট 1819 খৃষ্টাব্দে অনেকগুলি কঠিন (solid) মৌলিক পদার্থের **পারমাণবিক তাপ** (atomic heat) নির্ণয় করেন। **মৌলিক পদার্থের আপেক্ষিক তাপ** (Specific heat) **এবং পারমাণবিক ওজনের গুণফলকে বলা হয় পারমাণবিক তাপ।**

পারমাণবিক তাপ = আপেক্ষিক তাপ × পারমাণবিক ওজন

$$\text{সুতরাং, পারমাণবিক ওজন} = \frac{\text{পারমাণবিক তাপ}}{\text{আপেক্ষিক তাপ}} \quad \left[\text{at. wt.} = \frac{\text{at. heat}}{\text{sp. heat}}\right]$$

বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায়, কঠিন অবস্থায় প্রতিটি মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক তাপ মোটামটি একটি সুনির্দিষ্ট বা স্থির সংখ্যা এবং প্রতিটি **কঠিন মৌলিক পদার্থের** ক্ষেত্রে এই পারমাণবিক তাপ = 6·4 ; গ্যাসীয় পদার্থের ক্ষেত্রে, এমন কি কার্বন, বোরন, সিলিকন ও বেরিলিয়ামের ন্যায় স্বল্প গলনাংকের কঠিন মৌলের ক্ষেত্রেও এই তত্ত্ব প্রযোজ্য নয়।

ডুলং ও পেটিট সূত্র অনুযায়ী কঠিন অবস্থায় কোন মৌলিক পদার্থের

পারমাণবিক গুরুত্ব × আপেক্ষিক তাপ = পারমাণবিক তাপ = 6·4 (আনুমানিক)

$$\text{সুতরাং, } \textbf{পারমাণবিক ওজন} = \frac{6{\cdot}4}{\textbf{আপেক্ষিক তাপ}}$$

অর্থাৎ **কোন একটি কঠিন মৌলিক পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় করিয়া সেই সংখ্যা দ্বারা 6·4 সংখ্যাটিকে ভাগ করিলেই মৌলিক পদার্থটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা সম্ভব।**

উদাহরণ ঃ 1. একটি মৌলের আপেক্ষিক তাপ ·057, উহার তুল্যাংকভার 37·8 ; মৌলটির সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

ডুলং ও পেটিট সূত্র অনুযায়ী,

$$\text{পারমাণবিক ওজন}=\frac{6{\cdot}4}{\text{আপেক্ষিক তাপ}}=\frac{6{\cdot}4}{{\cdot}057}=112{\cdot}28$$

$$\text{ধাতুটির যোজ্যতা}=\frac{\text{পারমাণবিক ওজন}}{\text{তুল্যাংকভার}}\quad\frac{112{\cdot}28}{37{\cdot}8}=2{\cdot}9\simeq3.$$

[যোজ্যতা 2·9 অর্থাৎ এরূপ ভগ্নাংশ হইতে পারে না। 2·9 সংখ্যাটির নিকটবর্তী পূর্ণসংখ্যা 3 ; তাই ধাতুটির যোজ্যতা 3.]

সুতরাং ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন $=$ তুল্যাংকভার $\times$ যোজ্যতা

$$=37{\cdot}8\times3=113{\cdot}4$$

2. এক গ্রাম কোন ধাতু প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় (N.T.P.) 1242 ml. H_2 উৎপন্ন করে, ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·238 ; ধাতুটির তুল্যাংক, পাঃ গুরুত্ব ও যোজ্যতা কত ?

H-এর ওজন $=1242\times0{\cdot}0009$ গ্রাম ধাতুর তুল্যাংক $=\dfrac{1}{1242\times{\cdot}0009}=8{\cdot}99$

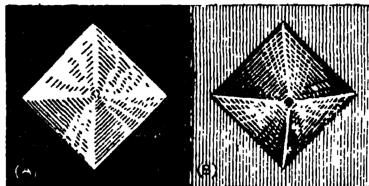
ধাতুটির আনুমানিক পাঃ গুঃ $=\dfrac{6{\cdot}4}{{\cdot}238}=26{\cdot}8$; ধাতুটির যোজ্যতা $=V=A/E=\dfrac{26{\cdot}8}{8{\cdot}99}\simeq3$

সঠিক পাঃ গুরুত্ব $=3\times8{\cdot}99=26{\cdot}97$

2. **ক্যান্নিজারো পদ্ধতি** (Cannizzaro Method) ঃ ষষ্ঠ পরিচ্ছেদে পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে ক্যান্নিজারো পদ্ধতির কয়েকটি উদাহরণসহ আলোচনা করা হইয়াছে। অনুরূপ পদ্ধতিতে আনুমানিক পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করিয়া উল্লিখিত পন্থায় তুল্যাংকভারের সাহায্যে নির্ভুল পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়।

3. **মিত্সারলিক সূত্র পদ্ধতি** (Mitscherlich Law method) ঃ

ম্যাগনেসিয়াম সালফেট ও জিংক সালফেটের স্ফটিকের আকৃতি দেখিতে হুবহু এক রকম। ম্যাগনেসিয়াম সালফেট ও জিংক সালফেটের দ্রবণ একত্র মিশাইয়া সেই মিশ্রিত দ্রবণের স্ফটিক তৈরী করিলে ম্যাগনেসিয়াম ও জিংক সালফেটের মিশ্র স্ফটিক গঠিত হয়। আবার ম্যাগনেসিয়াম সালফেট দ্রবণের মধ্যে যদি একটি জিংক সালফেট দানা ঝুলাইয়া দেওয়া যায় তবে জিংক সালফেটের গায় ম্যাগনেসিয়াম সালফেটের আস্তরণ পড়ে। জার্মান বিজ্ঞানী মিতসারলিক বিভিন্ন যৌগের এরূপ সমাকৃতি দেখিয়া 1819 খৃস্টাব্দে এরূপ সমাকৃতির সংজ্ঞা ও সূত্র নির্দেশ করেন।



সমাকৃতিত্ব (Isomorphism) ঃ যে সকল স্ফটিকাকার যৌগ (i) একই আকারের স্ফটিক গঠন করে, (ii) পরস্পরে মিশ্র স্ফটিক তৈরী করিতে পারে, (iii) একে অন্যের উপরে

আস্তরণ ফেলিতে পারে, এবং (iv) পরস্পরে একই রকম আণবিক আকৃতিতে গঠিত—সেরূপ স্ফটিককে **সমাকৃতি** (isomorphous) বলা হয় এবং স্ফটিক গঠনের এরূপ ধর্মকে বলা হয় **সমাকৃতিত্ব** (Isomorphism)।

কয়েকটি সমাকৃতি যৌগিক পদার্থের উদাহরণ ঃ

1. জিংক সালফেট ($ZnSO_4$, $7H_2O$) ম্যাগনেসিয়াম সালফেট ($MgSO_4$, $7H_2O$) ও ফেরাস সালফেট ($FeSO_4$, $7H_2O$).
2. পটাসিয়াম পারক্লোরেট ($KClO_4$) ও পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$).
3. কিউপ্রাস সালফাইড (Cu_2S) ও সিলভার সালফাইড (Ag_2S).
4. পটাসিয়াম সালফেট (K_2SO_4) ও পটাসিয়াম ক্রোমেট (K_2CrO_4).
5. অ্যামোনিয়াম সালফেট [$(NH_4)_2SO_4$] এবং পটাসিয়াম সালফেট [K_2SO_4].

যে বৎসরে ডুলং ও পেটিট পারমাণবিক তাপের সূত্রটি প্রকাশ করেন, জার্মান বিজ্ঞানী মিত্সারলিক বিভিন্ন যৌগিক পদার্থের সমাকৃতি বিশ্লেষণ করিয়া সেই বৎসরেই (1819) **সমাকৃতি সূত্র** (Law of isomorphism) প্রকাশ করেন। যথা ঃ

সমাকৃতি সূত্র ঃ সমসংখ্যক পরমাণু একই প্রকারে যুক্ত হইয়া যে সমাকৃতিসম্পন্ন স্ফটিক সৃষ্টি করে, এরূপ স্ফটিকের আকৃতি ইহাদের উপাদানসমূহের রাসায়নিক প্রকৃতি বা ধর্মের উপর নির্ভর করে না, কেবলমাত্র ইহাদের অণুতে অবস্থিত পরমাণুগুলির সংখ্যা ও আকৃতিক অবস্থানের উপর নির্ভর করে :

$MgSO_4$, $7H_2O$ ও $FeSO_4$, $7H_2O$—ম্যাগনেসিয়াম ও আয়রনের এই সালফেট যৌগ দুইটির স্ফটিকাকৃতি একরকম, গঠন একরকম এবং পরমাণু সংখ্যাও সমান; পার্থক্য শুধু ম্যাগনেসিয়াম (Mg) ও আয়রন (Fe) পরমাণু দুইটির বিভিন্নতায়। **এই সমস্ত সমাকৃতিসম্পন্ন যৌগের পারস্পরিক বিক্রিয়ায় একটি পরমাণু অপর মৌলের ঠিক একটি পরমাণুকে প্রতিস্থাপিত** (replace) **করে অর্থাৎ এরূপ স্ফটিকগুলি পরস্পরে সম-সংখ্যক পরমাণুর দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।**

পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের পদ্ধতি ঃ যে সমস্ত মৌলিক পদার্থ অনুরূপ সমাকৃতি সম্পন্ন যৌগ গঠনে সক্ষম, মিত্সারলিকের সূত্রটির এরূপ বৈশিষ্ট্য অবলম্বন করিয়া তাহাদের পারমাণবিক গুরুত্ব নিম্নরূপে নির্ণয় করা যায় ঃ

মনে করা যাক, দুইটি সমাকৃতিসম্পন্ন যৌগে মৌলিক পদার্থ A ও B প্রতিস্থাপিত হয় W_1 ও W_2—এরূপ ওজনের পরিমাণে। A ও B-এর পারমাণবিক গুরুত্ব x এবং y; মিত্সারলিকের সূত্র অনুযায়ী একটি যৌগের একটি পরমাণু অপর সমাকৃতিসম্পন্ন যৌগের ঠিক একটি পরমাণু প্রতিস্থাপিত করিবে। সুতরাং মৌলিক পদার্থ A-এর পরমাণু সংখ্যা = মৌলিক পদার্থ B-এর প্রতিস্থাপিত পরমাণু সংখ্যা। অধিকন্তু,

$$\text{পরমাণু সংখ্যা} = \frac{\text{পরমাণুর প্রতিস্থাপিত ওজন}}{\text{পারমাণবিক ওজন}}$$

সুতরাং, $\frac{\text{A-র প্রতিস্থাপিত ওজন}}{\text{A-র পারমাণবিক ওজন}} = \frac{\text{B-র প্রতিস্থাপিত ওজন}}{\text{B-র পারমাণবিক ওজন}}$

অর্থাৎ, $\frac{\text{A-র প্রতিস্থাপিত ওজন}}{\text{B-র পারমাণবিক ওজন}} = \frac{\text{A-র প্রতিস্থাপিত ওজন}}{\text{B-র পারমাণবিক ওজন}}$; অর্থাৎ $\frac{W_1}{W_2} = \frac{x}{y}$

9·3. পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে সমাকৃতি সূত্রের প্রয়োগ :

1. Cu_2S ও Ag_2S দুইটি সমাকৃতি সম্পন্ন যৌগ এবং উহাতে যথাক্রমে শতকরা 20·14 ও 12·94 ভাগ সালফার আছে। কপারের পারমাণবিক ওজন 63·57 হইলে Ag-এর পারমাণবিক ওজন কত হইবে?

Cu_2S যৌগে Cu-এর পরিমাণ $= 100 - 20{\cdot}14 = 79{\cdot}86$

অর্থাৎ 79·86 গ্রাম Cu, 20·14 গ্রাম S-এর সঙ্গে যুক্ত হয়।

Ag_2S যৌগে Ag-এর পরিমাণ $= 100 - 12{\cdot}94 = 87{\cdot}06$

অর্থাৎ 87·06 গ্রাম Ag, 12·94 গ্রাম S-এর সঙ্গে যুক্ত হয়;

সুতরাং 20·14 গ্রাম সালফারের সঙ্গে যক্ত হইবে

$$= \frac{87{\cdot}06 \times 20{\cdot}14}{12{\cdot}94} \text{ গ্রাম} = 135{\cdot}5 \text{ গ্রাম Ag;}$$

মিত্সারলিকের সূত্র অনুযায়ী সম-ওজনের (20·14) সালফারের সঙ্গে যে অনুপাতে Ag ও Cu যুক্ত হয় তাহা Ag ও Cu-এর পারমাণবিক আনপাতিক ওজনের সমান।

$$\frac{\text{Ag-এর পারমাণবিক ওজন}}{\text{Cu-এর পারমাণবিক ওজন}} = \frac{\text{প্রতিস্থাপিত Ag-এর ওজন}}{\text{প্রতিস্থাপিত Cu-এর ওজন}}$$

অথবা, $\frac{\text{Ag-এর পারমাণবিক ওজন}}{63{\cdot}57} = \frac{135{\cdot}5 \text{ গ্রাম}}{79{\cdot}86 \text{ গ্রাম}}$

অর্থাৎ, Ag-এর পারমাণবিক ওজন $= \frac{135{\cdot}5 \times 63{\cdot}57}{79{\cdot}86} = 107{\cdot}9$

4. বাষ্প-ঘনত্ব ভিত্তিক পদ্ধতি : যে মৌল ক্লোরাইড বা সমধর্মী গ্যাসীয় যৌগ গঠনে সক্ষম, নিম্ন উপায়ে তাহাদের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায় :

(i) অ্যাভোগাড্রোর সূত্র অনুযায়ী, আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times$ বাষ্প ঘনত্ব (D)

(ii) মৌলটির (M) তুল্যাংক (E) যে-কোন পূর্ব বর্ণিত পদ্ধতিতে নির্ণয় করা সম্ভব ;

(iii) যদি মৌলটির যোজ্যতা হয়—x, তবে ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব হইবে—Ex এবং যৌগটি যদি ক্লোরাইড জাতীয় হয়, তবে ইহার ফর্মুলা হইবে—MCl_x ;

(iv) এরূপ আণবিক ফর্মুলা অনুযায়ী যৌগটির আণবিক গুরুত্ব হইবে :

$$Ex + 35{\cdot}5x = x(E + 35{\cdot}5) \text{ সুতরাং, } x(E + 35{\cdot}5) = 2 \times D$$

$$\therefore \quad x = \frac{2D}{E + 35{\cdot}5}$$

(v) আমরা জানি : পাঃ গুরুত্ব = তুল্যাংক × যোজ্যতা ; সুতরাং তুল্যাংক (E) এবং যোজ্যতা (x) জানিয়া, মৌলটির পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়।

9·4. মোল-কল্প বা ধারণায় তুল্যাংকভার :

মোল-কল্প বা মোল-ধারণা (Mole concept) অনুযায়ী মৌলের তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়। মোল-কল্প অনুযায়ী :

1 গ্রাম হাইড্রোজেন = 1 মোল হাইড্রোজেন পরমাণু

8 গ্রাম অক্সিজেন = 0·5 মোল অক্সিজেন পরমাণু

35·46 গ্রাম ক্লোরিন = 1 মোল ক্লোরিন পরমাণু

মোল-কল্প অনুযায়ী তুল্যাংকের সংজ্ঞা :

1 মোল হাইড্রোজেন পরমাণু বা 0·5 মোল অক্সিজেন পরমাণু অথবা 1 মোল ক্লোরিন পরমাণুর সঙ্গে যত ওজনের কোন মৌল যুক্ত হয় বা ইহা দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়,—সেই ওজন-সংখ্যাকে বলা হয় মৌলটির তুল্যাংক।

কয়েকটি মোল-ভিত্তিক গণনা

1. 48 গ্রাম অক্সিজেন, 46 গ্রাম সোডিয়াম এবং 120 গ্রাম ক্যালসিয়াম যথাক্রমে উহাদের কত তুল্যাংকের সমান?

(i) 8 গ্রাম অক্সিজেন = 0·5 তুল্যাংক অক্সিজেন পরমাণু

∴ 48 .. .. $= \frac{0\cdot5}{8} \times 48 = 3$ তুল্যাংক

(ii) 46 গ্রাম সোডিয়াম $= \frac{46 \times 1}{23} = 2$ তুল্যাংক Na পরমাণু

(iii) 120 গ্রাম ক্যালসিয়াম $= \frac{120}{40} = 3$ তুল্যাংক Ca পরমাণু

2. 0·8567 গ্রাম কপার অক্সাইডকে হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করিলে 0·6842 গ্রাম কপার পাওয়া যায়। কপারের যোজ্যতা 2 ; কপারের তুল্যাংক এবং পারমাণবিক গুরুত্ব কত?

অক্সিজেনের ওজন $(CuO - Cu) = (0\cdot8567 - 0\cdot6842)$ গ্রাম $= 0.1725$ গ্রাম

32 গ্রাম অক্সিজেন = 1 মোল অক্সিজেন অণু ;

এবং 0·1725 গ্রাম $O_2 = \frac{0\cdot1725}{32}$ মোল অক্সিজেন অণু,

সুতরাং, $\frac{0\cdot1725}{32}$ মোল O_2 যুক্ত হয় 0·6842 গ্রাম কপারের সঙ্গে ;

∴ 0·25 মোল O_2 যুক্ত হয় $\frac{32 \times 0\cdot6842 \times 0\cdot25}{0\cdot1725}$ গ্রাম কপারের সঙ্গে ;

= 31·725 গ্রাম কপারের সঙ্গে

∴ কপারের তুল্যাংক = 31·725 এবং কপারের পাঃ গুরুত্ব $= 31\cdot725 \times 2 = 63\cdot45$

3. 0·14 গ্রাম আয়রণ কপার সালফেট দ্রবণ হইতে 0·1575 গ্রাম কপার অধঃক্ষিপ্ত করে। কপারের পাঃ গুরুত্ব 63 ; আয়রণের পাঃ গুরুত্ব এবং ইহার তুল্যাংক কত? [আয়রণের যোজ্যতা=2]


বিক্রিয়া ঃ $Fe+CuSO_4=FeSO_4+Cu\downarrow$

অর্থাৎ 1 মোল আয়রণ 1 মোল কপার অধঃক্ষিপ্ত করে,

সুতরাং বিক্রিয়া অনুযায়ী, কপারের মোল$=\dfrac{0·1575}{63}$

মনে কর, আয়রণের পাঃ গুরুত্ব$=x$

বিকারক আয়রণের মোল$=\dfrac{0·14}{x}$

যেহেতু বিক্রিয়া অনুযায়ী 1 মোল আয়রণ 1 মোল কপার অধঃক্ষিপ্ত করে,

সুতরাং, $\dfrac{0·14}{x}=\dfrac{0·1575}{63}$; অথবা $x=56$

অর্থাৎ আয়রণের পাঃ গুরুত্ব-56

$\therefore$ আয়রণের তুল্যাংক$=56/2=28$

4. 2 গ্রাম জিংক ক্লোরাইড ($ZnCl_2$) সিলভার নাইট্রেট ($AgNO_3$) দ্রবণ হইতে 4·220 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড ($AgCl$) অধঃক্ষিপ্ত করে। জিংকের তুল্যাংক এবং পারমাণবিক ওজন কত? [পাঃ গুরুত্ব ঃ $Ag=107·88$; $Cl=35·46$]

$AgCl$-এর তুল্যাংক$=(Ag+Cl)$-এর তুল্যাংক

$=(107·88+35·46)=143·34$ গ্রাম

4·220 গ্রাম $AgCl=\dfrac{4·220}{143·34}$ $AgCl$-এর মোল-তুল্যাংক ;

মনে কর, $ZnCl_2$-এর মোল-তুল্যাংক$=x$

$\therefore$ 2 গ্রাম $ZnCl_2=\dfrac{2}{x}$ $ZnCl_2$-এর মোল-তুল্যাংক ;

যেহেতু মোল-তুল্যাংক অনুপাতে বিক্রিয়া ঘটে তাই,—

$$\frac{2}{x}=\frac{4·220}{143·34};\quad \therefore\ x=67·94 \text{ গ্রাম}$$

Zn-এর তুল্যাংক$=[ZnCl_2$-এর তুল্যাংক$-Cl_2$-এর তুল্যাংক$]$

$=67·94-35·46=32·8$

$\therefore$ Zn-এর পাঃ গুরুত্ব$=32·8\times2=65·6$

5. সিলভার নাইট্রেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় 10·488 গ্রাম বেরিয়াম ক্লোরাইড 10·890 গ্রাম সিলভার অধঃক্ষিপ্ত করে। সিলভারের পারমাণবিক গুরুত্ব কত? [Ba-এর পাঃ গুরুত্ব $=137$]



বিক্রিয়া : $BaCl_2 + 2AgNO_3 = Ba(NO_3)_2 + 2AgCl \downarrow$

$BaCl_2$-এর আণবিক গুরুত্ব $= (137 + 2 \times 35{\cdot}5) = 208$

বিক্রিয়ায় $BaCl_2$-এর মোল $= \dfrac{10{\cdot}488}{208}$

সমীকরণ অনুযায়ী, 1 মোল $BaCl_2$-এর সঙ্গে 2 মোল Ag বিক্রিয়া ঘটায়;

$\therefore$ Ag-এর মোল $= 2 \times \dfrac{10{\cdot}488}{208}$,

মনে কর, Ag-এর পাঃ গুঃ $= x$: $\therefore$ Ag-এর মোল $= \dfrac{10{\cdot}890}{x}$

অর্থাৎ, $\dfrac{10{\cdot}890}{x} = \dfrac{2 + 10{\cdot}488}{208}$, $x = 108$

প্রশ্ন

1. পারমাণবিক গুরুত্ব ও তুল্যাংকভারের সহিত সম্পর্ক কি? একটি মৌলের দুইটি তুল্যাংকভার, পারমাণবিক গুরুত্ব কয়টি হইবে? তোমার উত্তরের যুক্তি দেখাও।

2. সমাকৃতি সূত্র কি? পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে ইহার প্রয়োগ কিরূপ উদাহরণ দিয়া বুঝাও।

3. (i) একটি মৌলের বাষ্প-ঘনত্ব 16 হইলে, উহার আণবিক গুরুত্ব কত?

(ii) নিম্নলিখিত যৌগগুলির বাষ্প-ঘনত্ব নির্ণয় কর—

(a) কার্বন ডাই-অক্সাইড, (b) সালফিউরিক অ্যাসিড, (c) ফসফরিক অ্যাসিড।

[*Ans.* (i) 32 (ii) (a) 22, (*b*) 49, (c) 49]

4. মোল কি? নিম্নের পদার্থগুলির পরিমাণ মোলে নির্ণয় কর—

(i) 80 গ্রাম অক্সিজেন, (ii) 176 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড, (iii) 512 গ্রাম সালফার ডাই অক্সাইড, (iv) 120 গ্রাম মিথেন। [Ans. (i) 5, (ii) 4, (iii) 8, (iv) 7·5]

5. ডুলং ও পেটিটের সূত্রের সাহায্যে কোন মৌলের সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করিতে পার কি? 0·589 গ্রাম ওজনের কোন ধাতু 0·7175 গ্রাম ওজনের ক্লোরাইডে পরিবর্তিত হয়। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·059 হইলে উহার সঠিক পারমাণবিক ওজন কত? (Cl=35·5)

[*Ans.* 107·9]

10

জারণ ও বিজারণ
(Oxidation and Reduction)

জ্বালানী দ্রব্যের দহন, লোহার উপরে জল-বায়ু সংযোগে মরিচা পড়া, নিঃশ্বাসের বায়ুর সাহায্যে খাদ্য হইতে সংগৃহীত কার্বন যৌগের কার্বন ডাই-অক্সাইডে রূপান্তর এবং বিভিন্ন জীবাণুর ক্রিয়ায় জৈব পদার্থের পচনশীলতা—এই সব ঘটনাই প্রাকৃতিক জারণ ক্রিয়ার নিদর্শন। ধাতুর অক্সাইড হইতে—যথা, লোহার অক্সাইড হইতে কোক বা অঙ্গার অথবা কার্বন মনক্সাইডের সাহায্যে ধাতু তথা লোহা উৎপাদনের প্রক্রিয়া বিজারণের নিদর্শন। সব রাসায়নিক বিক্রিয়ায় জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া ঘটে।

10.1. জারণ ও বিজারণের সাধারণ সংজ্ঞা (General definition of oxidation and reduction) ঃ

জারণ (Oxidation)	**বিজারণ** (Reduction)
জারণ ক্রিয়ার সাধারণ সংজ্ঞা বর্ণনা করিয়া বলা যায় যে জারণের অর্থ ঃ	বিজারণ ক্রিয়ার সাধারণ সংজ্ঞা বর্ণনা করিয়া নিম্নরূপভাবে বলা যায় যে বিজারণের অর্থ ঃ
(i) অক্সিজেন সংযোজন ; যথা ঃ $C+O_2=CO_2$	(i) অক্সিজেন বিয়োজন ; যথা ঃ $CuO+H_2=Cu+H_2O$
(ii) হাইড্রোজেন বিয়োজন ; যথা ঃ $4HCl+MnO_2=MnCl_2+Cl_2+2H_2O$	(ii) হাইড্রোজেন সংযোজন ; যথা ঃ $Cl_2+H_2S=2HCl+S$
(iii) ইলেকট্রো-নেগেটিভ অর্থাৎ অধাতব পরমাণু বা মূলকের সংযোজন বা পরিমাণ বৃদ্ধি ; যথা ঃ $2FeCl_2+Cl_2=2FeCl_3$ $2FeSO_4+H_2SO_4+H_2O_2=Fe_2(SO_4)_3+2H_2O$	(iii) ইলেকট্রো-নেগেটিভ অর্থাৎ অধাতব পরমাণু বা মূলকের অপসারণ বা পরিমাণ হ্রাস। যথা ঃ $AlCl_3+3Na=Al+3NaCl$ $Fe_2(SO_4)_3+2H$ (জায়মান) $=2FeSO_4+H_2SO_4$
(iv) ইলেকট্রো-পজিটিভ অর্থাৎ ধাতব পরমাণুর বা মূলকের অপসারণ বা পরিমাণ হ্রাস। যথা ঃ $2KI+H_2O_2=I_2+2KOH$	(iv) ইলেকট্রো-পজিটিভ অর্থাৎ ধাতব পরমাণু বা মূলকের সংযোজন বা পরিমাণ বৃদ্ধি। যথা ঃ $HgCl_2+Hg=Hg_2Cl_2$
উল্লিখিত জারণ বিক্রিয়াগুলিতে C, HCl, $FeCl_2$ $FeSO_4$ এবং KI জারিত হয়।	উল্লিখিত বিজারণ বিক্রিয়াগুলিতে CuO,Cl_2 $AlCl_3$ Fe_2 $(SO_4)_2$ HgCl বিজারিত হয়।

পূর্ব পৃষ্ঠার বিক্রিয়াগুলি অনুধাবন করিলে দেখা যায় যে জারণের বিপরীত বিক্রিয়ার অর্থ বিজারণ এবং বিজারণের বিপরীত বিক্রিয়ার অর্থ জারণ।

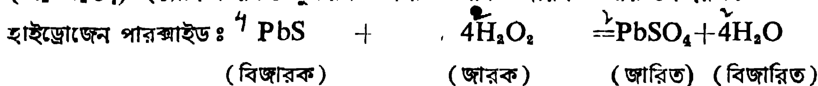
জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়ার বিশেষ তাৎপর্য ঃ (i) জারক বা বিজারক দ্রব্যের প্রয়োজন ঃ উল্লিখিত জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়াগুলি পর্যালোচনা করিলে দেখা যায় যে **জারণ বিক্রিয়া সম্পাদনের জন্য জারক দ্রব্যের প্রয়োজন।** ঐ জারণ বিক্রিয়াগুলির পর্যবেক্ষণে পরিলক্ষিত হয় যে, অক্সিজেন (O_2), ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2), ক্লোরিন (Cl_2) এবং হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2) **জারক দ্রব্যের** (oxidising agent) কাজ করে। এই বিক্রিয়াগুলির প্রকৃতি লক্ষ্য করিলে আরও দেখা যায় যে, জারক দ্রব্যগুলি অন্য মৌল বা যৌগকে জারণ-ক্রিয়া সম্পাদনে সাহায্য করে বটে কিন্তু নিজেরা বিজারিত হইয়া যায়। উল্লিখিত বিক্রিয়ায় অক্সিজেন অতি-স্বল্প নেগেটিভ-ধর্মী কার্বনের সংযোগে কার্বন ডাই-অক্সাইডরূপে (CO_2), ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড উচ্চ নেগেটিভ-ধর্মী অক্সিজেন ত্যাগ করিয়া $MnCl_2$-এ, ক্লোরিন, পজিটিভ-ধর্মী আয়রনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া $FeCl_3$-এ এবং হাইড্রোজেন পারক্সাইড অক্সিজেন পরিত্যাগ করিয়া জলে (H_2O) পরিণত হইয়া বিজারিত (reduced) হয়।

পক্ষান্তরে, **বিজারণ বিক্রিয়ার জন্য বিজারক দ্রব্যের প্রয়োজন।** উল্লিখিত বিজারণ বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন (H_2), হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S), সোডিয়াম ধাতু (Na), এবং মার্কারী (Hg) **বিজারক দ্রব্যরূপে** (reducing agent) ব্যবহৃত হয়। এরূপ বিজারক দ্রব্যের অভাবে বিজারণ ক্রিয়া সম্পন্ন করা সম্ভব নয়। এরূপ বিজারণ ক্রিয়ায় বিজারক দ্রব্যগুলি জারিত (oxidised) হইয়া যায়। উপরের বিক্রিয়ায় বিজারক দ্রব্য হাইড্রোজেন (H_2) জলরূপে (H_2O), হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S) সালফাররূপে (S), ধাতব সোডিয়াম (Na) সোডিয়াম ক্লোরাইডরূপে (NaCl) এবং মার্কারী (Hg) মার্কিউরাস ক্লোরাইডরূপে (Hg_2Cl_2) জারিত হইয়া যায়।

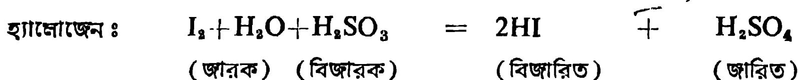
(ii) **যুগপৎ জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া** (Simultaneous process of oxidation and reduction reaction) ঃ **জারণ ও বিজারণ পর্যালোচনা করিলে দেখা যায় জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া একই সঙ্গে অর্থাৎ যুগপৎ অনুষ্ঠিত হয়।** জারকদ্রব্য বিজারিত এবং বিজারক দ্রব্য জারিত হয়। অন্যভাবে বলা যায় যে, প্রতিটি জারণ বা বিজারণ বিক্রিয়ায় একটি পদার্থ জারকের কাজ করে এবং অপরটি বিজারকের কাজ করে। পূর্বে বর্ণিত বিক্রিয়ায় দেখা যায় অক্সিজেন জারক এবং কার্বন বিজারক দ্রব্য। এরূপ বিক্রিয়ায় অক্সিজেন বিজারিত হয়, কার্বন জারিত হয়। অনুরূপভাবে হাইড্রোজেন একটি বিজারক দ্রব্য এবং হাইড্রোজেনের তুলনায় কপার অক্সাইড (CuO) একটি জারক দ্রব্য। এই বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন জলরূপে (H_2O) জারিত হয় এবং কপার অক্সাইড কপার (Cu) রূপে বিজারিত হয়। উল্লিখিত প্রতিটি বিক্রিয়া পর্যালোচনা করিলে দেখা যাইবে যে, **জারণ বা বিজারণের যে-কোন বিক্রিয়ায় একই সঙ্গে একটি জারক এবং**

একটি বিজারক দ্রব্য বর্তমান থাকে। জারক দ্রব্য বিজারিত হইয়া যায় এবং বিজারক দ্রব্য জারিত হইয়া যায়। সুতরাং বলা যায়, জারণ বা বিজারণ বিক্রিয়ায় একই সঙ্গে অর্থাৎ যুগপৎ জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে।

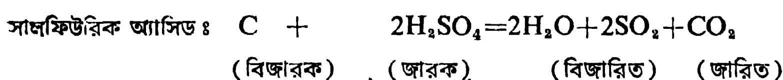
জারক দ্রব্য (Oxidising agent or Oxidant)ঃ যে দ্রব্য অন্য পদার্থকে অক্সিজেন বা ইলেকট্রো-নেগেটিভ অধাতব মৌল বা মূলক সরবরাহ করে অথবা অন্য পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন বা ইলেকট্রো-পজিটিভ ধাতব মৌল বা মূলক অপসারিত করে তাহাকে **জারক দ্রব্য** বলা হয়। অক্সিজেন (O_2), ওজোন (O_3), হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2), হ্যালোজেন (F_2, Cl_2, Br_2, I_2) ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3) ঘন ও উত্তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4), পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$), ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2) এবং অ্যাসিড দ্রবণে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) ও পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) ইত্যাদি কয়েকটি সুপরিচিত জারক দ্রব্য। জারক দ্রব্যের উদাহরণঃ


হাইড্রোজেন পারক্সাইডঃ $PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O$

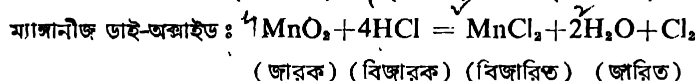
(বিজারক) (জারক) (জারিত) (বিজারিত)


হ্যালোজেনঃ $I_2 + H_2O + H_2SO_3 = 2HI + H_2SO_4$

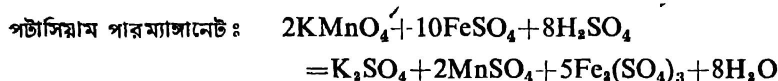
(জারক) (বিজারক) (বিজারিত) (জারিত)


সালফিউরিক অ্যাসিডঃ $C + 2H_2SO_4 = 2H_2O + 2SO_2 + CO_2$

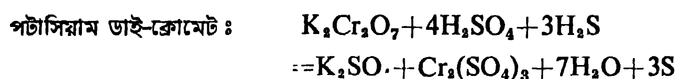
(বিজারক) (জারক) (বিজারিত) (জারিত)


ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডঃ $MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$

(জারক) (বিজারক) (বিজারিত) (জারিত)


পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটঃ $2KMnO_4 + 10FeSO_4 + 8H_2SO_4$

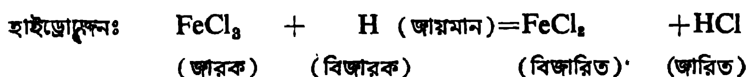
$= K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + 8H_2O$


পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেটঃ $K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 3H_2S$

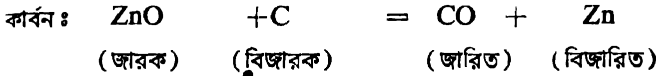
$= K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3S$

বিজারক দ্রব্য (Reducing agent or reductant)ঃ যে দ্রব্য অন্য কোন পদার্থকে হাইড্রোজেন বা পজিটিভ-ধর্মী ধাতব মৌল বা মূলক সরবরাহ করে অথবা অন্য পদার্থ হইতে অক্সিজেন বা ইলেকট্রো-নেগেটিভ-ধর্মী অধাতব মৌল বা মূলক অপসারিত করে তাহাকে **বিজারক দ্রব্য** বলা হয়।

কয়েকটি সুপরিচিত বিজারক দ্রব্যঃ হাইড্রোজেন (H_2), কার্বন (C), কার্বন মনক্সাইড (CO), হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S), সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) ধাতব মৌল (Na, Mg, Al ইত্যাদি), হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড (HI), স্ট্যানাস ক্লোরাইড ($SnCl_2$) ইত্যাদি। বিজারক দ্রব্যের সাধারণ উদাহরণঃ

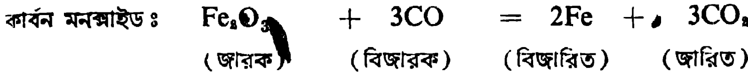

হাইড্রোজেনঃ $FeCl_3 + H$ (জায়মান) $= FeCl_2 + HCl$

(জারক) (বিজারক) (বিজারিত) (জারিত)



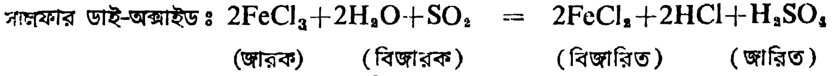
কার্বন : $ZnO + C = CO + Zn$

(জারক) (বিজারক) (জারিত) (বিজারিত)



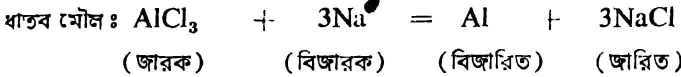
কার্বন মনক্সাইড : $Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2$

(জারক) (বিজারক) (বিজারিত) (জারিত)



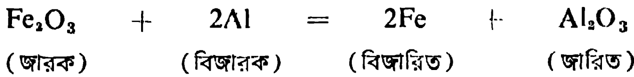
সালফার ডাই-অক্সাইড : $2FeCl_3+2H_2O+SO_2 = 2FeCl_2+2HCl+H_2SO_4$

(জারক) (বিজারক) (বিজারিত) (জারিত)



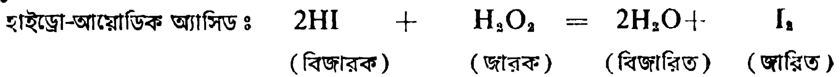
ধাতব যৌগ : $AlCl_3 + 3Na = Al + 3NaCl$

(জারক) (বিজারক) (বিজারিত) (জারিত)



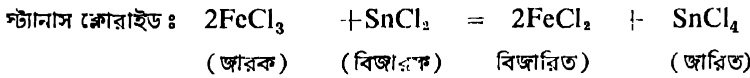
$Fe_2O_3 + 2Al = 2Fe + Al_2O_3$

(জারক) (বিজারক) (বিজারিত) (জারিত)



হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড : $2HI + H_2O_2 = 2H_2O + I_2$

(বিজারক) (জারক) (বিজারিত) (জারিত)



স্ট্যানাস ক্লোরাইড : $2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4$

(জারক) (বিজারক) বিজারিত) (জারিত)

10·2. **জারণ বিজারণের ইলেকট্রনীয় সংজ্ঞা :** (Electronic definition of oxidation and reduction) :

[দ্বিতীয় খণ্ডে পারমাণবিক গঠনতত্ত্ব অধ্যয়নের পর ইহা সহজবোধ্য হইবে।]

জারণ ও বিজারণের অর্থ কি তাহা বিভিন্ন পরমাণুর বাইরের খোলে অবস্থিত ইলেকট্রনের ক্রিয়ায় সহজেই ব্যাখ্যা করা যায়। **ইলেকট্রনীয় সংজ্ঞায়** খুব সরলভাবে শুধু একটি মাত্র কারণ নির্দেশ করিয়া বলা যায় যে **জারণের অর্থ ইলেকট্রন বর্জন এবং বিজারণের অর্থ ইলেকট্রন গ্রহণ।** সমযোজী যৌগে জারণের অর্থ ইলেকট্রন জোড়ের সাহায্যে সমযোজী যোজক গঠন এবং বিজারণের অর্থ যোজকের হ্রাস।

জারণ : (ক) যে-বিক্রিয়ায় কোন পরমাণু, অণু বা আয়ন ইলেকট্রন বর্জন করে, সেই বিক্রিয়াকে বলা হয় **জারণ।** জারণ ক্রিয়ার কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল। ইলেকট্রনের প্রতীক $= e$

1. ধাতব যৌগের পরমাণু ইলেকট্রন বর্জন করিয়া পজিটিভ আয়নে পরিণত হয়। যথা :



$Fe^{\circ} - 2e \longrightarrow Fe^{++}$, $Na^{\circ} - e \longrightarrow Na^{+}$

আয়রণ ইলেকট্রন ফেরাস আয়ন সোডিয়াম ইলেকট্রন সোডিয়াম আয়ন

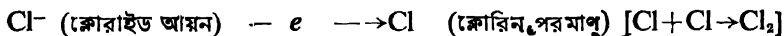
2. নিম্নযোজী 'আস' আয়ন ইলেকট্রন বর্জন করিয়া উচ্চযোজী 'ইক' আয়নে পরিণত হয়। যথা :



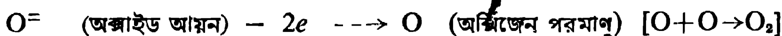
$Fe^{++} - e \longrightarrow Fe^{+++}$, $Sn^{++} - 2e \longrightarrow Sn^{++++}$

ফেরাস আয়ন ফেরিক আয়ন স্ট্যানাস আয়ন স্ট্যানিক আয়ন

3. নেগেটিভ আয়ন ইলেক্‌ট্রন বর্জন করিয়া অ-ধাতব পরমাণুতে পরিণত হয়। যথাঃ

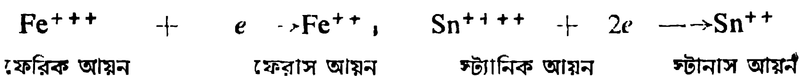

Cl^- (ক্লোরাইড আয়ন) $- e \longrightarrow Cl$ (ক্লোরিন পরমাণু) $[Cl + Cl \rightarrow Cl_2]$


$S^=$ (সালফাইড আয়ন) $- 2e \longrightarrow$ S (সালফার পরমাণু)


$O^=$ (অক্সাইড আয়ন) $- 2e \dashrightarrow O$ (অক্সিজেন পরমাণু) $[O + O \rightarrow O_2]$

বিজারণ ঃ (ক) যে বিক্রিয়ায় কোন পরমাণু, অণু বা আয়ন ইলেক্‌ট্রন গ্রহণ করে, সেই বিক্রিয়াকে বলা হয় **বিজারণ**। কয়েকটি উদাহরণ ঃ

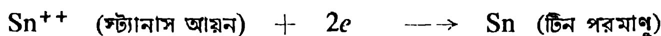
1. উচ্চতর যোজ্যতার পজিটিভ আয়ন ইলেক্‌ট্রন গ্রহণ করিয়া নিম্নতর যোজ্যতার আয়নে পরিণত হয়। যথা ঃ


$Fe^{+++} + e \rightarrow Fe^{++}$, $Sn^{++++} + 2e \longrightarrow Sn^{++}$

ফেরিক আয়ন ফেরাস আয়ন স্ট্যানিক আয়ন স্টানাস আয়ন

2. পজিটিভ আয়ন ইলেক্‌ট্রন গ্রহণ করিয়া পরমাণুতে পরিণত হয়। যথা ঃ

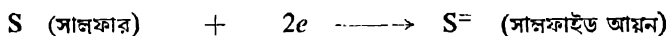

Fe^{++} (ফেরাস আয়ন) $+ 2e \dashrightarrow$ Fe (আয়রণ পরমাণু)


Sn^{++} (স্ট্যানাস আয়ন) $+ 2e \longrightarrow$ Sn (টিন পরমাণু)


Na^+ (সোডিয়াম আয়ন) $+ e \longrightarrow$ Na (সোডিয়াম পরমাণু)

3. ইলেক্‌ট্রন গ্রহণ করিয়া অ-ধাতব নেগেটিভ-ধর্মী অণু বা পরমাণু নেগেটিভ আয়নে পরিণত হয়।


Cl_2 (ক্লোরিন অণু) $+ 2e \dashrightarrow 2Cl^-$ (ক্লোরাইড আয়ন)


S (সালফার) $+ 2e \longrightarrow S^=$ (সালফাইড আয়ন)


O_2 (অক্সিজেন অণু) $+ 4e \dashrightarrow 2O^=$ (অক্সাইড আয়ন)

জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়ার প্রকৃতি পর্যালোচনায় দেখা যায় ঃ

1. জারণ ক্রিয়ার বিপরীত অর্থ বিজারণ এবং বিজারণের বিপরীত অর্থ জারণ।

অর্থাৎ, **জারক পদার্থ** $\underset{-e}{\overset{+e}{\rightleftharpoons}}$ **বিজারিত পদার্থ** ।

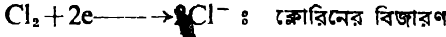
2. জারণ ক্রিয়ায় যে ইলেক্‌ট্রন বর্জিত হয় তাহা গ্রহণ করার জন্য ইলেক্‌ট্রন গ্রহণকারী একটি জারক দ্রব্য থাকা প্রয়োজন এবং অনুরূপভাবে বিজারণ ক্রিয়ায় যে ইলেক্‌ট্রন গৃহীত হয় তাহা দান করার জন্য একটি ইলেক্‌ট্রনদাতা বিজারক দ্রব্য থাকা প্রয়োজন।

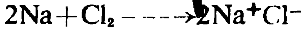
3. জারণ ক্রিয়ায় জারক দ্রব্য ইলেক্‌ট্রন গ্রহণ করিয়া নিজে বিজারিত হইয়া যায় এবং অনুরূপভাবে বিজারণ ক্রিয়ায় বিজারক দ্রব্য ইলেক্‌ট্রন দান করিয়া নিজে জারিত হইয়া যায়। সুতরাং বলা যায়, জারণ ও বিজারণ ক্রিয়ার জন্য একই সঙ্গে জারক ও বিজারক দ্রব্য থাকা প্রয়োজন।

4. এরূপ জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়ায় যত সংখ্যক ইলেক্‌ট্রন বিজারক দ্রব্য বর্জন করে জারক দ্রব্য তত সংখ্যক ইলেক্‌ট্রন গ্রহণ করে। সুতরাং বলা যায় **জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া একই সঙ্গে** (simultaneously) **অনুষ্ঠিত হয়।**

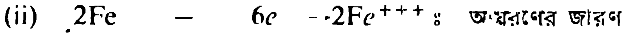
সমীকরণের কয়েকটি উদাহরণ ঃ

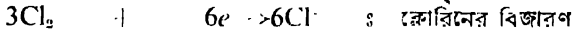

(i) $2Na - 2e \rightarrow 2Na^+$ ঃ সোডিয়ামের জারণ

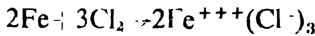

$Cl_2 + 2e \rightarrow 2Cl^-$ ঃ ক্লোরিনের বিজারণ


$2Na + Cl_2 \rightarrow 2Na^+Cl^-$

এই বিক্রিয়ায় দুইটি সোডিয়াম পরমাণু দুইটি ইলেকট্রন বর্জন করিয়া সোডিয়াম আয়নরূপে (Na^+) জারিত হয় এবং ক্লোরিন অণু সেই ইলেকট্রন দুইটি গ্রহণ করিয়া ক্লোরাইড আয়ন ($2Cl^-$) রূপে বিজারিত হইয়া সোডিয়াম ও ক্লোরিনের পারস্পরিক বিক্রিয়ায় যুগপৎ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া সম্পন্ন করে। এরূপ বিক্রিয়ায় ক্লোরিন অণু (Cl_2) ইলেকট্রন গ্রহণ করে বলিয়া জারক দ্রব্য এবং ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া নিজে ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) রূপে বিজারিত হইয়া যায়। পক্ষান্তরে সোডিয়াম পরমাণু (Na) ইলেকট্রন বর্জন করে বলিয়া বিজারক দ্রব্য এবং বর্জনের ফলে নিজে জারিত হইয়া সোডিয়াম আয়ন গঠন করে।


(ii) $2Fe - 6e \rightarrow 2Fe^{+++}$ ঃ আয়রণের জারণ

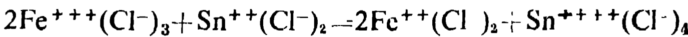

$3Cl_2 + 6e \rightarrow 6Cl^-$ ঃ ক্লোরিনের বিজারণ

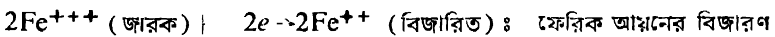

$2Fe + 3Cl_2 \rightarrow 2Fe^{+++}(Cl^-)_3$

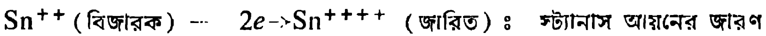
সোডিয়াম ক্লোরাইড গঠনের একই পদ্ধতিতে ইহার জারণ ও বিজারণ ক্রিয়ার বিশ্লেষণ করা যায়।


(ii) $2FeCl_3 + SnCl_2 \rightarrow 2FeCl_2 + SnCl_4$

এই বিক্রিয়াটি ইলেকট্রনীয় বিক্রিয়া অনুযায়ী লেখা যায়।


$2Fe^{+++}(Cl^-)_3 + Sn^{++}(Cl^-)_2 = 2Fe^{++}(Cl^-)_2 + Sn^{++++}(Cl^-)_4$


$2Fe^{+++}$ (জারক) + $2e \rightarrow 2Fe^{++}$ (বিজারিত) ঃ ফেরিক আয়নের বিজারণ


Sn^{++} (বিজারক) − $2e \rightarrow Sn^{++++}$ (জারিত) ঃ স্ট্যানাস আয়নের জারণ

দুইটি ফেরিক আয়ন (Fe^{+++}) জারক দ্রব্য বলিয়া দুইটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে এবং নিজে বিজারিত হইয়া ফেরাস আয়নে (Fe^{++}) পরিণত হয়। পক্ষান্তরে স্ট্যানাস আয়ন (Sn^{++}) একটি বিজারক দ্রব্য বলিয়া দুইটি ইলেকট্রন বর্জন করিয়া স্ট্যানিক আয়নরূপে (Sn^{++++}) জারিত হয়। সুতরাং এরূপ বিক্রিয়ায় অর্থাৎ স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্বারা ফেরিক ক্লোরাইডকে বিজারিত করার বিক্রিয়ায়ও এরূপ জারণ-বিজারণ ক্রিয়া যগপৎ ঘটিয়া থাকে।

10·3. জারণ-স্তর এবং জারণ-সংখ্যা (Oxidation State and Oxidation Number) ঃ

মুক্ত অবস্থা হইতে যৌগ অবস্থায় অথবা একটি যৌগ-মধ্যস্থ অবস্থা হইতে ভিন্ন যৌগস্থ হওয়ার রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে পরমাণু জারিত বা বিজারিত হয়। অর্থাৎ পরমাণুটি ইলেকট্রন বর্জন করিয়া জারিত হয় অথবা ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া বিজারিত হয়। যথা ঃ $2Na + Cl_2 = 2NaCl$; $2Na - 2e \rightarrow 2Na^+$; $Cl_2 + 2e \rightarrow 2Cl^-$

এরূপ বিক্রিয়ায় সোডিয়াম জারিত হয় এবং ক্লোরিন বিজারিত হয়।

অপর একটি বিক্রিয়া : $2FeCl_3+H_2S=2FeCl_2+S+2HCl$;

এই বিক্রিয়ায় : $2Fe^{+++}+2e\rightarrow 2Fe^{++}$; $S^{-2}-2e\rightarrow S$

$FeCl_3$ যৌগস্থ তিন যোজী Fe^{+++} আয়ন বিক্রিয়ার পরে বিজারিত হইয়া দ্বি-যোজী Fe^{++} আয়নে পরিণত হয়। অনুরূপভাবে S^{-2} বিজারিত হইয়া S অর্থাৎ তড়িৎ-নিরপেক্ষ অবস্থায় পরিণত হয়।

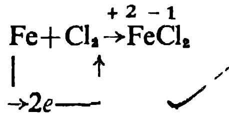
এরূপ উদাহরণ দুইটি হইতে দেখা যায় যে জারণ ও বিজারণের ক্ষেত্রে মুক্ত মৌল সোডিয়াম (Na) এবং যৌগস্থ পরমাণু আয়রণ (Fe) রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে ইলেক্ট্রন বর্জন বা গ্রহণ করিয়া ভিন্ন অবস্থায় পরিণত হয়। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় একই সঙ্গে বা যুগপৎ যে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া ঘটে তাকে বলা হয় **জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া** (Oxidation Reduction or Redox reaction) ; এরূপ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে জারণ বা বিজারণ ক্রিয়ায় যে মূল পরমাণুটি অংশ গ্রহণ করে তাহার জারণ অবস্থার পরিবর্তন ঘটে।

জারণ স্তর বা জারণ মাত্রা (Oxidation State) : রাসায়নিক বিক্রিয়ার আগে বা পরে কোন মুক্ত মৌল বা যৌগস্থ পরমাণু জারণ বা বিজারণের যে অবস্থায় বর্তমান থাকে তাকে বলা হয় পরমাণুটির জারণ স্তর বা জারণ-মাত্রা।

যথা : $H_2+Cl_2=2HCl$ অথবা $2H^{+1}C^{-1}$

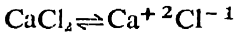
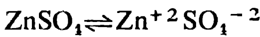
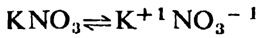
প্রথমে তড়িৎ নিরপেক্ষ অবস্থায় হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন (0) জারণ স্তরে অবস্থিত ছিল, কিন্তু বিক্রিয়ার পরে এই জারণ স্তর বা মাত্রায় H^{+1} এবং Cl^{-1} এরূপ জারণ—মাত্রায় পরিবর্তিত হয়।

জারণ-সংখ্যা (Oxidation Number) : মুক্ত বা যৌগ অবস্থায় কোন পরমাণুর জারণ স্তরের মাত্রা যে সংখ্যা দ্বারা নির্দেশ করা হয় সেই সংখ্যাকে বলা হয় পরমাণুটির জারণ সংখ্যা। কার্যত, এরূপ জারণ সংখ্যা পরমাণুটির যোজ্যতা দ্বারা নির্দিষ্ট হয় বলিয়া জারণ সংখ্যাকে যোজ্যতা সংখ্যাও (Valence Number) বলা হয়।



মুক্ত অবস্থায় Fe-এর ,Cl_2-এবং জারণ-স্তর ছিল শূন্য (0), কিন্তু বিক্রিয়ার পরে Fe-এর জারণ-সংখ্যা Fe^{+2}-এবং Cl-এর জারণ-সংখ্যা Cl^{-1}, অনুরূপভাবে $Cu_2{}^{+1}Cl_2{}^{-1}$, $Hg_2{}^{+1}Cl_2{}^{-1}$-এবং $Fe^{+2}Cl_2{}^{-1}$ রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে $Cu^{+2}Cl_2{}^{-1}$; $Hg^{+2}Cl_2{}^{-1}$ এবং $Fe^{+3}Cl_3{}^{-1}$ যখন এরূপ যৌগে পরিণত হয় তখন Cu, Hg এবং Fe-এর জারণ-সংখ্যা যথাক্রমে, +1, +1, +2 হইতে +2 +2, +3 এবং এরূপ মাত্রায় পরিবর্তিত হয়।

10·4. জারণ-সংখ্যা নির্ণয়ের পদ্ধতি (Determination of Oxidation Number)ঃ তড়িৎ-যোজী বা আয়নিক (Ionic) যৌগের সংযোগী মৌলের জারণ-সংখ্যা নির্ণয় করা সহজসাধ্য। একটি তড়িৎ-যোজী যৌগের পরমাণু বা মূলকগুলি কত মাত্রায় পজিটিভ বা নেগেটিভ তথা ধনাত্মক বা ঋণাত্মক চার্জ বহন করে সেই চার্জের প্রকৃতি ও সংখ্যা অথবা এরূপ পরমাণুর যোজ্যতার সংখ্যা দ্বারা পরমাণু বা মূলকের জারণ-সংখ্যা নির্ণয় করা যায়। যথা ঃ

যৌগ তড়িৎ-বিয়োজন	মৌল বা মূলকের জারণ-সংখ্যা
 $CaCl_2 \rightleftharpoons Ca^{+2}Cl^{-1}$	 Ca $=(+2)$ Cl $=(-1)$
 $NaOH \rightleftharpoons Na^{+1}OH^{-1}$	 Na $=(+1)$ OH $=(-1)$
 $ZnSO_4 \rightleftharpoons Zn^{+2}SO_4^{-2}$	 Zn $=(+2)$ $SO_4=(-2)$
 $KNO_3 \rightleftharpoons K^{+1}NO_3^{-1}$	 K $=(+1)$ $NO_3=(-1)$

সমযোজী যৌগের সংযোগী পরমাণুর তড়িৎ বিয়োজন ঘটে না বলিয়া ইহাদের জারণ-সংখ্যা নির্ণয় সহজসাধ্য নয়। কিন্তু ব্যবহারিক উপযোগিতার উদ্দেশ্যে এরূপ সমযোজী যৌগকেও তড়িৎ-যোজী যৌগরূপে কল্পনা করিয়া ইহাদের সংযোগী পরমাণুর জারণ-সংখ্যা নির্ণয় করা হয়। যথা ঃ CO_2; কল্পনা করা হয় $C^{+4}O_2^{-2}$ —এইভাবে CO_2 গঠিত। সুতরাং CO_2 যৌগে C-এর জারণ-সংখ্যা $+4$ এবং অক্সিজেনের -2;

মুক্ত বা যৌগ অবস্থায় কোন মৌলের পরমাণুর জারণ-সংখ্যা নির্ণয়ের পদ্ধতি নিম্নরূপ ঃ

(i) স্বাধীন বা মুক্ত অবস্থায় প্রাপ্ত যে-কোন মৌলের জারণ-সংখ্যা ধরা হয় শূন্য (0); এরূপ অবস্থায় মৌলটি তড়িৎ-নিরপেক্ষ বা প্রশমিত। যথা ঃ H_2^0, Cl_2^0 ; Na^0, Fe^0 ইত্যাদি।

(ii) একমাত্র হাইড্রাইড জাতীয় যৌগ ছাড়া হাইড্রোজেনের অন্যান্য যৌগে ইহার জারণ-সংখ্যা $+1$; যথা ঃ $H^{+1}Cl^{-1}$; $H_2^{+1}S^{-2}$; $H^{+1}NO_3^{-1}$; কিন্তু $Na^{+1}H^{-1}$; $Ca^{+2}H_2^{-1}$; $N^{+3}H_3^{-1}$ ইত্যাদি।

(iii) যে-কোন তড়িৎ-যোজী যৌগে পরমাণুর চার্জের প্রকৃতি ও সংখ্যা বা ইহার যোজ্যতা পরমাণুটির জারণ-সংখ্যা নির্দেশ করে। যথা ঃ $Na^{+1}Cl^{-1}$; $Mg^{+2}Cl_2^{-1}$; $Ca^{+2}S^{-2}$; $Al^{+3}Cl_3^{-1}$ ইত্যাদি।

(iv) যৌগ অবস্থায় সাধারণত অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যা $-2(O^{-2})$, যথা ঃ $Na_2^{+1}O^{-2}$; $Al_2^{+3}O_3^{-2}$ ইত্যাদি; কিন্তু অক্সিজেনের রূপভেদ ওজোন (O_3) এবং ইহার পারক্সাইড যৌগে অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যা $-1(O^{-1})$; যথা ঃ $H_2^{+1}O_2^{-1}$; $Na_2^{+1}O_2^{-1}$; $Ba^{+2}O_2^{-1}$ ইত্যাদি।

(v) যে-কোন ধাতব যৌগে ধাতব মৌলের জারণ-সংখ্যা ইহার যোজ্যতা সংখ্যার সমান এবং ইহা সর্বদা পজিটিভ ধনাত্মক। যথা ঃ $Ca^{+2}Cl_2^{-1}$: $Mg^{+2}S^{-2}$; $Al_2^{+3}(SO_4)_3^{-2}$ ইত্যাদি।

(vi) যৌগ অবস্থায় ফ্লুরিনের (F) জারণ-সংখ্যা $-1(F^{-1})$;

(vii) কোন মূলক (radical) বা আয়ন (ion) যে সংখ্যক পজিটিভ বা নেগেটিভ চার্জ বহন করে সেই চার্জের প্রকৃতি ও সংখ্যাই মৌল বা আয়নের জারণ-সংখ্যা নির্দেশ করে। যথা :
$Na_2^{+1}SO_4^{-2}$; $(NH_4)_3^{-1}PO_4^{-3}$; $Ca^{+2}CO_3^{-2}$; $NH_4^{+1}(OH)^{-1}$ ইত্যাদি।

(viii) যে-কোন মুক্ত মৌল অথবা স্বাভাবিক অবস্থায় প্রাপ্ত যৌগ তড়িৎ-নিরপেক্ষ। তাই, এরূপ যৌগের সংযোগী পরমাণুগুলির মোট জারণ-সংখ্যা সর্বদা শূন্য 0) ; সাধারণভাবে এই সূত্রটি প্রয়োগ করিয়া যে-কোন যৌগের মৌল বা মূলকের জারণ-সংখ্যা নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণ : 1. NH_3 যৌগের পরমাণুগুলির মোট জারণ-সংখ্যা শূন্য (0) ; N--এর জারণ-সংখ্যা $=x$; $\therefore$ NH_3-এর জারণ সংখ্যা $=0$

$\therefore\ x+3(+1)=0$; সুতরাং $x=-3$.

2. H_2SO_4-এর মোট জারণ-সংখ্যা $=0$;
S-এর জারণ-সংখ্যা $=x$;
$\therefore\ 2(+1)+x+4(-2)=0$; সুতরাং $x=+6$

3. HNO_3-এর মোট জারণ সংখ্যা $=0$
N-এর জারণ সংখ্যা $=x$; $(+1)+x+3(-2)=0$; সুতরাং $x=+5$;

4. $K_2Cr_2O_7$-এর মোট জাণর সংখ্যা $=0$
Cr-এর জারণ সংখ্যা $=x$; $\therefore$ $2(+1)+2(x)+7(-2)=0$
সুতরাং $x=+6$.

5. $KMnO_4$-এর মোট জারণ সংখ্যা $=0$
Mn-এর জারণ সংখ্যা $=x$
$\therefore\ (+1)+x+4(-2)=0$; $x=7$.

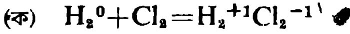
কয়েকটি যৌগস্থ মৌলের জারণ-সংখ্যা

ক্লোরিন যৌগ	জাঃ সঃ	সালফার যৌগ	জাঃ সঃ	নাইট্রোজেন যৌগ	জাঃ সঃ
Cl_2	0	S	0	N_2O_5	+5
HCl	−1	SO_2	+4	NO_2	+4
$KClO_4$	+7	SO_3	+6	N_2O_3	+3
$KClO_3$	+5	Na_2S_2	+1	NO	+2
Cl_2O	+1	H_2S	−2	N_2O	+1

10·5. রাসায়নিক বিক্রিয়ায় জারণ-সংখ্যা হ্রাস-বৃদ্ধি : যে কোন জারণ বিজারণ (Redox) বিক্রিয়ায় যে মূল পরমাণুগুলি জারিত বা বিজারিত হয় তাহার জারণ অবস্থা পরিবর্তিত হয় বলিয়া জারণ-সংখ্যার হ্রাস বা বৃদ্ধি ঘটে নিম্নরূপ শর্ত অনুসারে :

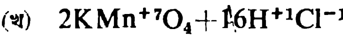
(i) রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে যদি কোন মৌল জারিত হয়, তবে জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। পক্ষান্তরে যদি ইহা বিজারিত হয়, তবে ইহার জারণ-সংখ্যা হ্রাস-পায়।

(ii) বিক্রিয়ার ফলে জারণ-সংখ্যার যে মোট বৃদ্ধি ঘটে তাহা সর্বদা মোট জারণ-সংখ্যা হ্রাসের সমান হয়।

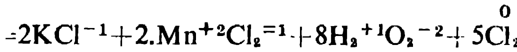
(ক) 

$H_2^0 + Cl_2 = H_2^{+1}Cl_2^{-1}$

H-এর মোট জাঃ সঃ বৃদ্ধি $=2$: Cl-এর মোট জাঃ সঃ হ্রাস $=2$

(খ) 

$2KMn^{+7}O_4 + 16H^{+1}Cl^{-1}$



$= 2KCl^{-1} + 2.Mn^{+2}Cl_2^{-1} + 8H_2^{+1}O_2^{-2} + 5\overset{0}{Cl_2}$

Mn-এর জাঃ সঃ মোট হ্রাস $= 2(+7) - 2(+2) = 10$

∴ Cl-এর জাঃ সঃ মোট বৃদ্ধি $= 5(0) + 2(-1) + 4(-1) - 16(-1) = 10$

10·6. জারণ-সংখ্যার সাহায্যে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণ (Balancing of Redox Equations by using Oxidation Number) ঃ

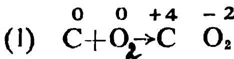
জারণ-সংখ্যার সাহায্যে নিম্ন-বর্ণিত পদ্ধতিতে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণ নির্ণয় করা সম্ভব ঃ

(i) বিক্রিয়ার আগের ও পরের অণুগুলির সঠিক ফর্মুলা বাঁয়ে ও ডাইনে লেখা হয়।

(ii) জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়ায় যে বিশিষ্ট মৌলগুলি বিজারিত ও জারিত হয় সেই মৌল-গুলি মূল-মৌলরূপে চিহ্নিত করা হয়।

(iii) বিক্রিয়ার ফলে কোন মূল মৌলের যে মোট জারণ-সংখ্যা হ্রাস পায়, অপর মূল মৌলের মোট জারণ-সংখ্যা সম-মাত্রায় বৃদ্ধি পায়।

(iv) উপরের সূত্র কয়টি স্মরণ রাখিয়া ডাইনে ও বাঁয়ে অবস্থিত যৌগের সংখ্যা প্রয়োজন অনুসারে বৃদ্ধি করিয়া সমীকরণ সম্পন্ন করা হয়।

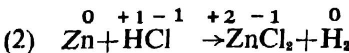
(1) 

$\overset{0}{C} + \overset{0}{O_2} \rightarrow \overset{+4}{C}\,\overset{-2}{O_2}$

কার্বনের মোট জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি $=(4-0)=4$

অক্সিজেনের মোট জারণ সংখ্যার হ্রাস $=0-2(-2)=4$

যেহেতু জাঃ সঃ হ্রাস-বৃদ্ধি সমান, সুতরাং সমীকরণ ঃ $C + O_2 = CO_2$

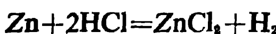
(2) 

$\overset{0}{Zn} + \overset{+1}{H}\overset{-1}{Cl} \rightarrow \overset{+2}{Zn}\overset{-1}{Cl_2} + \overset{0}{H_2}$

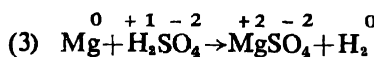
Zn-এর মোট জাঃ সঃ বৃদ্ধি $=(2-0)=2$; H-এর মোট জাঃ সঃ হ্রাস $=0-2(+1)=2$

বাঁয়ের HCl-এর ফর্মুলায় H-র জাঃ সঃ $=(+1)$

সুতরাং সমীকরণ পূর্ণ করার জন্য 2 অণু HCl-র প্রয়োজন। সুতরাং সমীকরণ ঃ



$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$



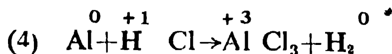
(3) $\overset{0}{Mg}+\overset{+1}{H_2}\overset{-2}{SO_4}\rightarrow\overset{+2}{Mg}\overset{-2}{SO_4}+\overset{0}{H_2}$

Mg-এর মোট জাঃ সঃ বৃদ্ধি $=(2-0)=2$; H-এর মোট জাঃ সঃ হ্রাস $=(0-2)=-2$

Mg ও H-এর জাঃ সঃ হ্রাস-বৃদ্ধি সমান, সুতরাং সমীকরণ ঃ



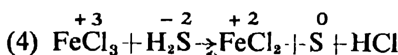
$Mg+H_2SO_4=MgSO_4+H_2$



(4) $\overset{0}{Al}+\overset{+1}{H}\ Cl\rightarrow\overset{+3}{Al}\ Cl_3+\overset{0}{H_2}$

Al-এর জাঃ সঃ বৃদ্ধি $=(3-0)=3$; H-এর জাঃ সঃ হ্রাস $=(0-1)=-1$

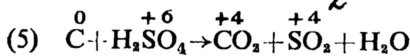
জারণ সংখ্যার হ্রাস-বৃদ্ধি সমান করার জন্য 3টি H অর্থাৎ 3টি HCl অণু প্রয়োজন। H-অণু দ্বি-পারমাণবিক (H_2), তাই, বাঁয়ে ও ডাইনের ফর্মুলাগুলি 2 সংখ্যা দ্বারা গুণ করা প্রয়োজন। সুতরাং সমীকরণ ঃ $2Al+6HCl=2AlCl_3+3H_2$



(4) $\overset{+3}{Fe}Cl_3+H_2\overset{-2}{S}\rightarrow\overset{+2}{Fe}Cl_2+\overset{0}{S}+HCl$

Fe-এর জাঃ সঃ হ্রাস $=(2-3)=-1$; S-এর জাঃ সঃ বৃদ্ধি $=0-(-2)=2$

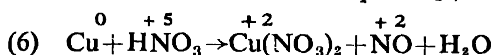
সুতরাং মোট জাঃ সংখ্যার হ্রাস-বৃদ্ধি সমান করার জন্য 2 অণু $FeCl_3$ প্রয়োজন। তাই, সমীকরণ ঃ $2FeCl_3+H_2S=2FeCl_2+S+2HCl$



(5) $\overset{0}{C}+H_2\overset{+6}{S}O_4\rightarrow\overset{+4}{C}O_2+\overset{+4}{S}O_2+H_2O$

C-এর জাঃ বৃদ্ধি $=(+4)-0=+4$; S-এর জাঃ সঃ হ্রাস $=(4-6)=-2$

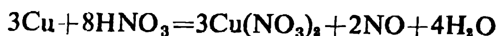
সুতরাং মোট জাঃ সংখ্যার হ্রাস-বৃদ্ধি সমান করার জন্য 2টি সালফার তথা 2 অণু H_2SO_4 প্রয়োজন। তাই সমীকরণ ঃ $C+2H_2SO_4=CO_2+2SO_2+2H_2O$



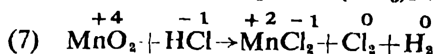
(6) $\overset{0}{Cu}+H\overset{+5}{N}O_3\rightarrow\overset{+2}{Cu}(NO_3)_2+\overset{+2}{N}O+H_2O$

Cu-এর জাঃ সঃ বৃদ্ধি $=(2-0)=+2$; N-এর জাঃ সঃ হ্রাস $=(2-5)=-3$

সুতরাং জাঃ সঃ হ্রাস বৃদ্ধি করার জন্য 3টি Cu-অণু এবং 2 অণু HNO_3 প্রয়োজন। তদুপরি পজিটিভ চার্জ-যুক্ত 3টি (Cu^{++}) কপার আয়নকে কপার নাইট্রেট করার জন্য আরও 6টি HNO_3 অণুর দরকার। সুতরাং সমীকরণ ঃ



$3Cu+8HNO_3=3Cu(NO_3)_2+2NO+4H_2O$



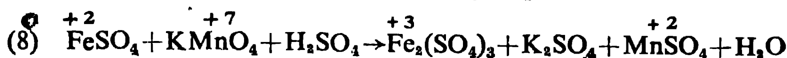
(7) $\overset{+4}{Mn}O_2+H\overset{-1}{Cl}\rightarrow\overset{+2}{Mn}\overset{-1}{Cl_2}+\overset{0}{Cl_2}+\overset{0}{H_2}$

Mn-এর জাঃ সঃ হ্রাস $=(+2)-(+4)=-2$, Cl-এর জাঃ সঃ বৃদ্ধি $=0-(-1)=1$

সুতরাং এক-অণু ক্লোরিন তৈরী করার জন্য 2 অণু HCl দরকার। কিন্তু যেহেতু বিক্রিয়ায় $MnCl_2$ এবং Cl_2 গঠিত হয়, তাই 4 অণু HCl প্রয়োজন। সুতরাং সমীকরণ ঃ



$MnO_2+4HCl=MnCl_2+Cl_2+2H_2O$



(8) $\overset{+2}{Fe}SO_4+K\overset{+7}{Mn}O_4+H_2SO_4\rightarrow\overset{+3}{Fe_2}(SO_4)_3+K_2SO_4+\overset{+2}{Mn}SO_4+H_2O$

Fe-এর জাঃ সঃ বৃদ্ধি $=(3-2)=1$, Mn-এর জাঃ সঃ হ্রাস $=(2-7)=-5$

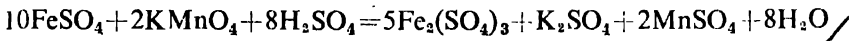
সুতরাং বিক্রিয়ায় $KMnO_4$ ও $FeSO_4$-এর অনুপাত হইবে $=1 : 5$; 5 অণু $FeSO_4$ উৎপন্ন করিবে $2\frac{1}{2}$ অণু $Fe_2(SO_4)_3$ কিন্তু কখনো বিক্রিয়ায় ভগ্নাংশ অণু গঠিত হয় না। তাই, 10 অণু $FeSO_4$ দরকার 5 অণু $Fe_2(SO_4)_3$ গঠন করার জন্য,

সুতরাং দ্বিতীয় পর্যায়ে বিক্রিয়া লেখা হইবে নিম্নরূপ ভাবে ঃ



$$10FeSO_4+2KMnO_4+H_2SO_4 \rightarrow 5Fe_2(SO_4)_3+K_2SO_4+2MnSO_4+H_2O.$$

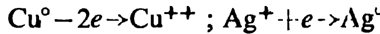
বিক্রিয়াটি পর্যবেক্ষণে দেখা যায় যে ডান পাশে 18টি SO_4-মূলক বর্তমান। কিন্তু বাম পাশের 10টি $FeSO_4$ অণু মাত্র 10টি SO_4 মূলক সরবরাহ করিতে পারে। সুতরাং বাকী 8টি SO_4 মূলকের জন্য 8 অণু H_2SO_4 দরকার। তাই, সমীকরণ ঃ



$$10FeSO_4+2KMnO_4+8H_2SO_4=5Fe_2(SO_4)_3+K_2SO_4+2MnSO_4+8H_2O$$

10·7. ধাতুর তড়িৎ-বিভব বা তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণী (Electro-potential or Electro-Chemical Series of Metals) :

ধাতু মাত্রেই ধনাত্মক তড়িৎ-ধর্মী (Electro-positive) ধর্মী। একটি ধাতব মৌলের পরমাণু ইলেকট্রন বর্জন করিয়া পজিটিভ আয়নে পরিণত হয় এবং কোন ধাতব আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া তড়িৎ-নিরপেক্ষ মৌল পরমাণুতে পরিণত হয়। যথা ঃ



$$Cu^{\circ}-2e \rightarrow Cu^{++} \; ; \; Ag^{+}+e \rightarrow Ag^{\circ}$$

কিন্তু সব ধাতব পরমাণুর ইলেকট্রন বর্জন বা গ্রহণের ক্ষমতা সমান নয়। একটি ধাতব দণ্ডকে (Cu) ইহার একটি লবণের ($CuSO_4$) দ্রবণের সংস্পর্শে স্থাপন করিলে ধাতুর দণ্ড এবং ধাতুর লবণের মধ্যে তড়িৎ-বিভব (Electrode potential) সৃষ্টি হয়। এরূপ তড়িৎ-বিভবের মাত্রা নির্ণয়ের জন্য হাইড্রোজেনের তড়িৎ-বিভবকে শূন্য ভোল্ট ধরিয়া হাইড্রোজেনের তুলনায় অন্যান্য ধাতুর তড়িৎ-বিভব কত তাহার মাত্রা নির্ণয় করা হয়।

এক লিটার কোন ধাতব লবণের দ্রবণে যদি এক গ্রাম-আয়ন (1 gram-ion) পরিমাণ ধাতব আয়ন বর্তমান থাকে তবে এরূপ দ্রবণকে বলা হয় **আনব দ্রবণ** (Molar Solution), এক গ্রাম-আয়ন পরিমাণ হাইড্রোজেন আয়ন হাইড্রোজেন যৌগের দ্রবণে বর্তমান থাকে তাকে বলা হয় **প্রমাণ** (normal) **দ্রবণ**। এরূপ প্রমাণ হাইড্রোজেন দ্রবণে যে তড়িৎ-বিভব সৃষ্টি হয় তাহার তুলনায় কোন ধাতুর **আণব দ্রবণে** যে তড়িৎ-বিভব সৃষ্টি হয় তাহার তুলনাত্মক মাত্র দ্বারা ধাতুটির তড়িৎ-বিভবের মাত্রা নির্ণয় করা হয়।

কোন ধাতু ইলেকট্রন বর্জন করিয়া জারিত হইলে যে তড়িৎ-বিভব সৃষ্টি হয় তাহাকে বলা হয় **জারণ তড়িৎ-বিভব** (Oxidation potential) এবং ধাতুটির আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া বিজারিত হইলে তাহাকে বলা হয় **বিজারণ তড়িৎ-বিভব** (Reduction potential) ; এরূপ তড়িৎ-বিভবের প্রকৃতি ধনাত্মক বা ঋণাত্মক হইলেও যে কোন ধাতুর ক্ষেত্রে ইহার আংকিক পরিমাপ সমান। যথা ঃ

ধাতুর নাম	জারণ তড়িৎ বিভব	বিজারণ তড়িৎ বিভব
K	+2·93	−2·93
Fe	+0·44	−0·44
H	0·00	0·00
Cu	−0·34	+0·34
Ag	−0·80	+0·80

তড়িৎ-বিভবের মাত্রা অনুযায়ী ধাতুগুলি শ্রেণীবদ্ধ করা হইলে সেইরূপ ধাতুর শ্রেণীকে বলা হয় **ধাতুর তড়িৎ বিভব শ্রেণী** (Electro-potential series of metals) ; এরূপ তড়িৎ-বিভব শ্রেণী ধাতুর বিভিন্ন রাসায়নিক ধর্মের সূচক বলিয়া এরূপ শ্রেণীকে **ধাতুর তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীও** (Electro-Chemical series of metals) বলা হয়।

সংজ্ঞা : হাইড্রোজেনের আয়ন (H^+) গঠনের ক্ষমতা বা প্রবণতাকে তথা ইহার তড়িৎ-চালক শক্তিকে (Electro-motive force বা e.m.f.) শূন্য (O) ধরিয়া হাইড্রোজেনের তুলনায় অন্যান্য ধাতুর আয়ন গঠনের ক্ষমতা বা প্রবণতা তথা ইহার তড়িৎ-বিভবের মাত্রা অনুযায়ী ধাতু সমূহকে উচ্চতম তড়িৎ-বিভবের মাত্রা হইতে নিম্নতম তড়িৎ-বিভবের মাত্রার ক্রমানুসারী শ্রেণী-বদ্ধ করা হইলে তাহাকে বলা হয় ধাতুর তড়িৎ-বিভব বা তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণী। যথা :

মৌল	তড়িৎ রাসায়নিক বিভব (V)
লিথিয়াম (Li)	+3·05
পটাসিয়াম (K)	+2·92
ক্যালসিয়াম (Ca)	+2·87
সোডিয়াম (Na)	+2·71
ম্যাগনেসিয়াম (Mg)	+2·34
অ্যালুমিনিয়াম (Al)	+1·67
জিংক (Zn)	+0·76
আয়রণ (Fe)	+0·44
হাইড্রোজেন (H)	0·00
কপার (Cu)	−0·34
সিলভার (Ag)	−0·80
মার্কারী (Hg)	−0·85
গোল্ড (Au)	−1·68

টীঃ দ্রঃ ধাতুর তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীর উপযোগিতা দ্বিতীয় খণ্ডে ধাতুর অধ্যায়ের প্রথমে বিস্তৃত আলোচনা করা হইয়াছে।

প্রশ্ন

1. উপযুক্ত উদাহরণসহ জারণ ও বিজারণ ক্রিয়ার সংজ্ঞা লিখ। জারক পদার্থে কি সর্বদাই অক্সিজেন বর্তমান থাকে?

2. জারক ও বিজারক পদার্থ বলিতে কি বোঝ? উদাহরণ সহ ব্যাখ্যা করিয়া বোঝাও যে জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া যুগপৎ ঘটে।

3. জারণ ও বিজারণ ক্রিয়ার ইলেকট্রনীয় সংজ্ঞা লিখ এবং দুইটি উদাহরণ দ্বারা তাহা ব্যাখ্যা কর। ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব অনুযায়ী উদাহরণ দ্বারা ব্যাখ্যা কর যে জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া যুগপৎ ঘটিয়া থাকে।

4. জারণ-স্তর বা মাত্রা এবং জারণ সংখ্যার সংজ্ঞা লিখ এবং চারিটি উদাহরণ দাও।

5. জারণ সংখ্যা নির্ণয়ের পদ্ধতি, উদাহরণ সহ বর্ণনা কর।

6. HNO_3, $CuSO_4$, $K_2Cr_2O_7$, $KMnO_4$, $AlCl_3$, NH_3 ইহাদের মধ্যে যথাক্রমে N, S, Cr, Mn, Al, এবং H—ইহাদের জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর।

7. রাসায়নিক বিক্রিয়ায় মূল জারিত বা বিজারিত পদার্থের জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি বা হ্রাস যে সমান হয় তাহা তিনটি উদাহরণ দ্বারা ব্যাখ্যা কর।

8. $Cu+O_2 \rightarrow CuO$; $Mg+H_2SO_4 \rightarrow MgSO_4+H_2$; $C+H_2SO_4 \rightarrow CO_2+SO_2+H_2O$; $Zn+NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2+H_2$; $MnO_2+HCl \rightarrow MnCl_2+Cl_2+H_2O$—এই সমীকরণগুলি জারণ সংখ্যার ভিত্তিতে পূর্ণ কর।

9. ধাতুর তড়িৎ-বিভব বা তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীর সংজ্ঞা লিখ। কিভাবে এরূপ শ্রেণী রচনা করা হয়?

11

অ্যাসিড, ক্ষারক, লবণ এবং বিভিন্ন অক্সাইড

(Acid, Base, Salt and Oxides)

পরিচয় ঃ মধ্যযুগেও 'তেজী তেল' (Oil of vitriol) নামে সালফিউরিক, নাইট্রিক ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ব্যবহার জানা ছিল। বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার বলেন যে অ্যাসিড মাত্রেরই একটি অবিচ্ছেদ্য অংশের নাম অক্সিজেন। কিন্তু বিজ্ঞানী বার্থোলে প্রমাণ করেন যে হাইড্রো-সিয়ানিক অ্যাসিডে (HCN) অক্সিজেন নাই। 1834 ডেভি প্রমাণ করেন যে হাইড্রো-ক্লোরিক অ্যাসিডেও (HCl) অক্সিজেন নাই। বরং তিনি বলেন যে **অক্সিজেন নয়,—প্রতি অ্যাসিডের একটি অংশরূপে হাইড্রোজেন বর্তমান থাকে।** 1838 খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী লাইবিগ অ্যাসিডের সংজ্ঞা রচনা করিয়া বলেন যে, যে পদার্থের মধ্যে হাইড্রোজেন থাকে এবং যে হাইড্রোজেন ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায় তাহাই অ্যাসিড।

অ্যাসিডের এরূপ সংজ্ঞাও সন্তোষজনক নয়, 1887 খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী আরহেনিয়াস **অ্যাসিডের আয়নীয় তত্ত্ব বা জলীয় আয়ন তত্ত্ব** (Ionic concept or water-ion theory) নামে অ্যাসিডের একটি সংজ্ঞা প্রকাশ করেন। এই তত্ত্ব দ্বারা অ্যাসিডের অনেক ধর্ম ব্যাখ্যা করা সম্ভব হইলেও, সব ধর্ম ব্যাখ্যা করা যায় না। অ্যাসিডের অন্যান্য সংজ্ঞা উচ্চতর রসায়নের অন্তর্ভুক্ত।

11·1. অ্যাসিড, ক্ষারক, ক্ষার ও লবণ (Acid, Base, Alkali and salt) ঃ

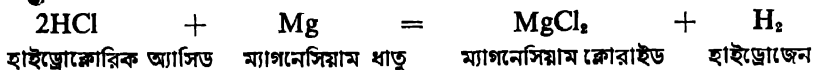
অজৈব যৌগিক পদার্থের সংখ্যা অগন্য হইলেও ইহাদের মোটামুটি অ্যাসিড (Acid), ক্ষারক (base) ও লবণ (salt) এই তিন শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। রাসায়নিক বিক্রিয়া অনুধাবনের জন্য অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণের সাধারণ ধর্ম সম্বন্ধে প্রাথমিক পরিচয় দেওয়া হইল। ইহাদের উচ্চতর-সংজ্ঞা ও তাৎপর্য দ্বিতীয় খণ্ডে আলোচনা করা হইবে।

অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণের সংজ্ঞা পরস্পরের উপর নির্ভরশীল।

অ্যাসিড (Acid) ঃ যে যৌগে ধাতু বা ধাতবমূলক দ্বারা আংশিক বা পূর্ণত প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন বর্তমান এবং যাহা ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ ও জল গঠন করে সেরূপ যৌগকে অ্যাসিড বলা হয়।

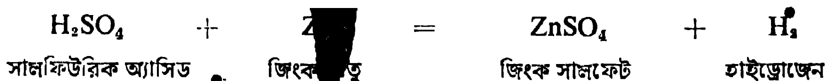
[আয়নীয় সংজ্ঞা দ্বিতীয় খণ্ডে দ্রষ্টব্য]

(i) **অ্যাসিডের ধর্ম ঃ** অ্যাসিড মাত্রই স্বাদে অম্ল। (ii) অ্যাসিডের অণুতে অবশ্যই হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে এবং এই হাইড্রোজেন পরমাণুকে ধাতুর বা ধাতবমূলক দ্বারা অপসারিত বা **প্রতিস্থাপিত** (replaced) করা যায়। যথা ঃ



$$2HCl + Mg = MgCl_2 + H_2$$

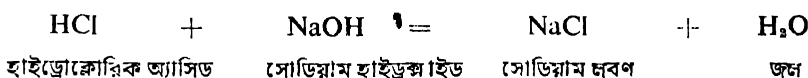
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড   ম্যাগনেসিয়াম ধাতু   ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড   হাইড্রোজেন



H_2SO_4	+	Zn	=	$ZnSO_4$	+	H_2
সালফিউরিক অ্যাসিড		জিংক ধাতু		জিংক সালফেট		হাইড্রোজেন

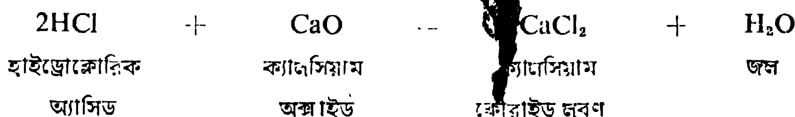
এই বিক্রিয়া দুইটিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের **হাইড্রোজেন** এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের **হাইড্রোজেন** পরমাণু যথাক্রমে **ম্যাগনেসিয়াম** ও **জিংক** ধাতুর পরমাণু দ্বারা অপসারিত বা **প্রতিস্থাপিত** হইয়াছে।

(iii) **ক্ষার** জাতীয় পদার্থের সঙ্গে অ্যাসিড প্রবল বিক্রিয়া ঘটায় এবং **লবণ** ও **জল** গঠন করে। যথা :

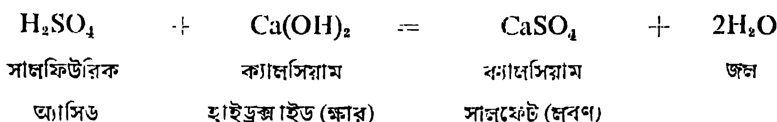


HCl	+	NaOH	=	NaCl	+	H_2O
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড		সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড		সোডিয়াম লবণ		জল

(iv) ধাতুর **অক্সাইড** বা **ক্ষারকের** সঙ্গে অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় জল ও **লবণ** (salt) নামের এক শ্রেণীর যৌগ তৈরী হয়।



2HCl	+	CaO	=	$CaCl_2$	+	H_2O
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড		ক্যালসিয়াম অক্সাইড		ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড লবণ		জল



H_2SO_4	+	$Ca(OH)_2$	=	$CaSO_4$	+	$2H_2O$
সালফিউরিক অ্যাসিড		ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড (ক্ষার)		ক্যালসিয়াম সালফেট (লবণ)		জল

(v) অ্যাসিডের সংস্পর্শে নীল লিটমাস এবং মিথাইল অরেঞ্জ দ্রবণ লাল হইয়া যায়।

(vi) অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণে পজিটিভ আয়নরূপে হাইড্রোজেন আয়ন গঠিত হয়। যথা : $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$

হাইড্রাসিড ও অক্সিঅ্যাসিড

11·2. অ্যাসিডের দুই শ্রেণী : যে অজৈব অ্যাসিড অণুতে (inorganic acid) শুধু হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে, কিন্তু অক্সিজেন থাকে না, তাহাকে বলা হয় **হাইড্রাসিড** এবং যে-অ্যাসিডে হাইড্রোজেনের সঙ্গে অক্সিজেনও থাকে তাহাকে বলা হয় **অক্সিঅ্যাসিড**। যথা :

হাইড্রাসিড (Hydracids)	**অক্সিঅ্যাসিড** (Oxyacids)
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড—HCl	নাইট্রিক অ্যাসিড—HNO_3
হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড—HBr	সালফিউরাস অ্যাসিড—H_2SO_3
হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড—HI	সালফিউরিক অ্যাসিড—H_2SO_4
হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড—HF	ফসফরিক অ্যাসিড—H_3PO_4
হাইড্রোসালফিউরিক অ্যাসিড—H_2S	কার্বনিক অ্যাসিড—H_2CO_3 (অস্থায়ী)
হাইড্রোসিয়ানিক অ্যাসিড—HCN	বোরিক অ্যাসিড—H_3BO_3

11·3. ক্ষারক ও ক্ষার (Base and Alkali)

ক্ষারক (Base) ঃ **ধাতুর অথবা ধাতুধর্মী মূলকের অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইডকে ক্ষারক (base) বলা হয় এবং ইহা অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া লবণ ও জল তৈরী করিতে সক্ষম।** (উচ্চতর সংজ্ঞা দ্বিতীয় খণ্ডে দ্রষ্টব্য।)

নিম্নের অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডগুলি ক্ষারকের উদাহরণ। ইহাদের বিক্রিয়া ঃ

ক্ষারক	+	অ্যাসিড		লবণ	+	জল
MgO	+	$2HCl$	=	$MgCl_2$	+	H_2O
ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড		হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড		ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড (লবণ)		জল
ZnO	+	H_2SO_4		$ZnSO_4$	+	H_2O
জিংক অক্সাইড		সালফিউরিক অ্যাসিড		জিংক সালফেট (লবণ)		জল
$NaOH$		HCl		$NaCl$	+	H_2O
সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড		হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড		সোডিয়াম ক্লোরাইড (লবণ)		জল

ক্ষার (Alkali) ঃ **এক বিশেষ শ্রেণীর ক্ষারকের নাম ক্ষার। হাইড্রক্সাইড জাতীয় যে সমস্ত ক্ষারক জলে দ্রবীভূত হয় তাহাদের বলা হয় ক্ষার।** কস্টিক সোডা ($NaOH$), কস্টিক পটাস (KOH) এবং ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড $[Ca(OH)_2]$ এরূপ ক্ষারের উদাহরণ।

অ্যামোনিয়া (NH_3) একটি **যৌগ-মূলক** (radical) গঠন করে। এই মূলকের নাম **অ্যামোনিয়াম** এবং সংকেত—NH_4 এই অ্যামোনিয়াম-মূলক রাসায়নিক ধর্মে ধাতুর ন্যায় এবং পজিটিভ-ধর্মী। তাই অ্যামোনিয়ামমূলকও সোডিয়াম বা পটাসিয়াম (Na বা K) ইত্যাদি ধাতুর ন্যায় হাইড্রক্সাইড গঠন করে। এরূপ হাইড্রক্সাইডের নাম—অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH)। ইহা জলে দ্রবণীয় একটি মৃদু ক্ষার।

ধাতুর অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইড,—উভয়েই ক্ষারক। কিন্তু যে-ক্ষারক জলে দ্রবণীয় তাহাই ক্ষার। সুতরাং বলা যায়, **সব ক্ষারই ক্ষারক কিন্তু সব ক্ষারক ক্ষার** নয়। ক্ষারের মধ্যে কস্টিক সোডা ($NaOH$) ও কস্টিক পটাস (KOH) **তীব্র ক্ষার** (strong alkali) কিন্তু অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH) ও ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড $[Ca(OH)_2]$ **মৃদু ক্ষার** (weak alkali)। MgO, CaO ইত্যাদি ক্ষারকের উদাহরণ।

ক্ষারের ধর্ম ঃ (i) ক্ষার হাইড্রক্সাইড জাতীয় যৌগিক পদার্থ, (ii) ক্ষার জলে দ্রবণীয়, (iii) ক্ষারের জলীয় দ্রবণ স্পর্শে সাবানের মত পিচ্ছিল (iv) ক্ষারের জলীয় দ্রবণে লাল লিটমাস কাগজ ডুবাইলে নীল হইয়া যায় এবং মিথাইল অরেঞ্জ দ্রবণ হলুদ করে, (v) ক্ষার অ্যাসিডের

সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া অ্যাসিডকে নিষ্ক্রিয় করিয়া দেয় এবং লবণ ও জল তৈরী করে, (vi) ক্ষার ত্বক্ বা অন্যান্য জৈব পদার্থ ক্ষয় করে, (vii) ক্ষারীয় ধাতু ছাড়া অন্যান্য ধাতুর লবণ হইতে হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে এবং (viii) জলীয় দ্রবণে হাইড্রক্সিল আয়ন (OH^-) থাকে।

11·4. লবণ (Salt) :

লবণ বলিতে সাধারণত বোঝা যায় খাওয়ার লবণ তথা সোডিয়াম ক্লোরাইড—$NaCl$; কিন্তু রাসায়নিক অর্থে লবণ বলিতে বোঝায় এক বিশেষ শ্রেণীর যৌগিক পদার্থ এবং এরূপ লবণের সংখ্যাও অগণিত।

লবণ (Salt) ঃ অ্যাসিডের হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু বা ধাতব মূলক দ্বারা আংশিক বা পূর্ণত প্রতিস্থাপিত হইয়া যে যৌগ গঠন করে তাহাকে বলা হয় লবণ। অ্যাসিডের সহিত ধাতু, ক্ষার বা ক্ষারকের বিক্রিয়ায় উহা গঠিত হয়।

Zn	H_2SO_4	$ZnSO_4$		$H_2\uparrow$
জিংক ধাতু	সালফিউরিক অ্যাসিড	জিংক সালফেট লবণ		হাইড্রোজেন
MgO	$2HCl$	$MgCl_2$		H_2O
ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড	হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড (লবণ)		জল
$NaOH$	HCl	$NaCl$	+	H_2O
সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড	হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	সোডিয়াম ক্লোরাইড (লবণ)		জল

শমিত, অ্যাসিড ও ক্ষারকীয় লবণ (Normal, Acidic and Basic salts) ঃ

হাইড্রোক্লোরিক (HCl) ও নাইট্রিক অ্যাসিডের (HNO_3) ন্যায় যে অ্যাসিডের অণুতে একটি-মাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু (H) বর্তমান সেই অ্যাসিড শুধু এক রকম লবণ গঠন করে। কিন্তু যে অ্যাসিডে দুই বা তার বেশী হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান সেই অ্যাসিডের একাধিক রকম লবণ গঠিত হয়। সালফিউরিক (H_2SO_4), কার্বনিক (H_2CO_3) বা ফসফরিক (H_3PO_4) অ্যাসিড সেই রকম অ্যাসিড। ইহাদের হাইড্রোজেন সম্পূর্ণরূপে বা আংশিকভাবে ধাতু বা ধাতব মূলকদ্বারা প্রতিস্থাপিত হইতে পারে।

1. শমিত লবণ *(normal salt)* ঃ ***ধাতু বা ধাতব মূলক দ্বারা অ্যাসিডের হাইড্রোজেন সম্পূর্ণরূপে প্রতিস্থাপিত হইয়া যে লবণ গঠিত হয়, সেই লবণকে শমিত লবণ অথবা সাধারণত শুধু লবণ বলা হয়।*** যথা ঃ $NaCl$, NH_4Cl, $CaSO_4$, $CaCO_3$, Na_3PO_4 ইত্যাদি।

2. **অ্যাসিড লবণ** (acid salt) **: যে অ্যাসিডে একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান সেইরূপ অ্যাসিডের হাইড্রোজেন আংশিকভাবে ধাতু বা ধাতব মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া যে লবণ তৈরী হয়, তাহাকে অ্যাসিড লবণ বলা হয়।**

যথা : $NaHCO_3$ (সোডিয়াম বাই-কার্বনেট), NH_4HSO_4 (অ্যামোনিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট), $Ca(HCO_3)_2$ (ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট), Na_2HPO_4 (ডাইসোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট), $MgHPO_4$ (ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট) ইত্যাদি। বিক্রিয়া :


$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$ (বাই-লবণ—সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট)

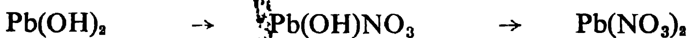

$NaHSO_4 + NaCl = HCl + Na_2SO_4$ (শমিত লবণ—সোডিয়াম সালফেট)


$H_3PO_4 + NaOH = H_2O + NaH_2PO_4$ (সোডিয়াম ডাই-হাইড্রোজেন ফসফেট)


$NaH_2PO_4 + NaOH = H_2O + Na_2HPO_4$ (ডাই-সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট)


$Na_2HPO_4 + NaOH = H_2O + Na_3PO_4$ (সোডিয়াম ফসফেট—শমিত লবণ)

3. **ক্ষারকীয় লবণ** (Basic Salt) **: অ্যাসিড ও ক্ষারকের বিক্রিয়ায় যে পরিমাণ ক্ষারক প্রয়োজন তাহার চেয়ে যদি অতিরিক্ত ক্ষারক ব্যবহৃত হইয়া লবণ গঠিত হয় তবে সেই লবণকে বলা হয় ক্ষারকীয় লবণ** (basic salt)।


$Pb(OH)_2 \rightarrow Pb(OH)NO_3 \rightarrow Pb(NO_3)_2$

(ক্ষারক) (ক্ষারকীয় লবণ) (শমিত লবণ)


$Pb(OH)_2 + HCl \rightarrow Pb(OH)Cl + H_2O$

(ক্ষারক) অ্যাসিড (ক্ষারকীয় লবণ)

$2PbCO_3, Pb(OH)_2$ (ক্ষারকীয় লেড কার্বনেট) এবং $CuCO_3, Cu(OH)_2$ (ক্ষারকীয় কপার কার্বনেট) ইত্যাদি লবণগুলিও ক্ষারকীয় লবণের উদাহরণ।

অ্যাসিডের আরহেনিয়াসের সংজ্ঞা

আরহেনিয়াসের তড়িৎ-বিয়োজন বা আয়ণীয়বাদ অনুযায়ী :

অ্যাসিড (Acid) **: হাইড্রোজেন যুক্ত যে যৌগ জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হইয়া ক্যাটায়নরূপে হাইড্রোজেন আয়ন** (H^+) **গঠন করে তাহাকে অ্যাসিড বলা হয়।** যথা : $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$, $H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{=}$

ক্ষারক (Base) **: যে যৌগ জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হইয়া অ্যানায়নরূপে হাইড্রক্সিল আয়ন** (OH^-) **গঠন করে তাহাকে ক্ষারক** (base) **বলা হয় অর্থাৎ ক্ষার দ্রবণে একমাত্র হাইড্রক্সিল আয়নই** (OH^-) **নেগেটিভ আয়নরূপে বর্তমান থাকে।** যথা : $NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$; $Ca(OH)_2 \rightleftharpoons Ca^{++} + 2OH^-$

11·5. অ্যাসিড ও ক্ষারের আধুনিক সংজ্ঞা :

(পুনঃপঠনের সময়ে অনুধাবনীয়)

হাইড্রোজেন পরমাণু একটি ইলেকট্রন ও একটি প্রোটন দ্বারা গঠিত। এই একক ইলেকট্রনটি

হাইড্রোজেন পরমাণু হইতে ছিন্ন হইয়া ইহা হাইড্রোজেন আয়নে পরিণত হয়। ($H - e \rightarrow H^+$) হাইড্রোজেনের নিউক্লিয়াসে একটি মাত্র প্রোটন থাকে। তাই, হাইড্রোজেন আয়ন এবং প্রোটন সমার্থক।

অ্যাসিডের প্রকৃতি বিশ্লেষণ দেখা যায় যে অ্যাসিড মাত্রেই H^+ আয়ন বা প্রোটন উৎপন্ন করে। অ্যাসিডের এরূপ হাইড্রোজেন আয়ন বা প্রোটন ত্যাগের বৈশিষ্ট দেখিয়া বিজ্ঞানী **ব্রণস্টেড ও লাউরী** অ্যাসিড ও ক্ষারের একটি নতুন সংজ্ঞা প্রকাশ করেন।

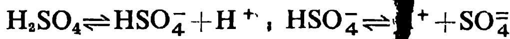
অ্যাসিড ও ক্ষারের সংজ্ঞা ঃ যে পদার্থের মধ্যে প্রোটন (H^+) ত্যাগের প্রবণতা দেখা যায় তাকে বলা হয় অ্যাসিড। পক্ষান্তরে, যে পদার্থের মধ্যে প্রোটন গ্রহণের ক্ষমতা দেখা যায় তাকে বলা হয় ক্ষার।

এরূপ অ্যাসিড বা ক্ষার চার্জ যুক্ত বা অযুক্ত (charged or uncharged) হইতে পারে।

অ্যাসিডের উদাহরণ ঃ HCl, CH_3COOH, HNO_3 H_2SO_4 ইত্যাদি ইহাদের মধ্যে প্রোটন (H^+) ত্যাগের প্রবণতা দেখা যায়।

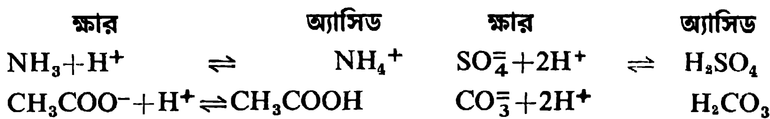


$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^- ;\ CH_3COOH \rightleftharpoons H^+ + CH_3COO^- ;$$



$$H_2SO_4 \rightleftharpoons HSO_4^- + H^+ ,\ HSO_4^- \rightleftharpoons H^+ + SO_4^{=}$$

পক্ষান্তরে, NH_3, $CO_3^{=}$, OH^- , $SO_4^{=}$, CH_3COO^- ইত্যাদি প্রোটন গ্রহণ করে বলিয়া ইহাদের ক্ষার বা অ্যালকালী অ্যাখ্যা দেওয়া হয়। ইহারা প্রোটন গ্রহণ করিয়া অ্যাসিডে পরিণত হয়। যথা ঃ



ক্ষার		অ্যাসিড	ক্ষার		অ্যাসিড
$NH_3 + H^+$	$\rightleftharpoons$	NH_4^+	$SO_4^{=} + 2H^+$	$\rightleftharpoons$	H_2SO_4
$CH_3COO^- + H^+$	$\rightleftharpoons$	CH_3COOH	$CO_3^{=} + 2H^+$		H_2CO_3

জলের মধ্যে অ্যাসিড ও ক্ষার উভয় ধর্ম বর্তমান থাকে। যথা ঃ



$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ [H_2O—অ্যাসিড]

$H^+ + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+$ [জলের অণুর মধ্যে একটি প্রোটন সংযুক্ত হয় বলিয়া H_3O^+ গঠিত হয়। তাই এরূপ ক্ষেত্রে জল ক্ষারের ন্যায় ব্যবহার করে।]

অ্যাসিড ও ক্ষারের মাত্রার তীব্রতা (Strength of acid and base) ঃ কোন্ অ্যাসিড কত তীব্র তাহা নির্ভর করে সেই অ্যাসিডের আয়নরূপে বিয়োজিত হওয়ার ক্ষমতার উপরে। কোন্ অ্যাসিডে কয়টি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে তাহা দ্বারা অ্যাসিডের তীব্রতা বা মাত্রা জানা যায় না। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের (HCl) অণুতে মাত্র একটি হাইড্রোজেন (H) পরমাণু বর্তমান কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের (HCl) জলীয় দ্রবণ ফসফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4)-এর চেয়েও বেশিমাত্রায় আয়নরূপে বিশ্লেষিত হয়। তাই হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl)ফসফরিক অ্যাসিডের (H_3PO_4) চেয়ে তীব্রতর অ্যাসিড।

তীব্র অ্যাসিড (Strong acid) ঃ যে অ্যাসিড জলীয় দ্রবণে তড়িৎ-বিয়োজিত হইয়া যত বেশি মাত্রায় মুক্ত হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) গঠন করে সেই অ্যাসিড তত বেশি তীব্র।

HCl, H_2SO_4, HNO_3 ইত্যাদি সাধারণত তীব্র অ্যাসিড। কারণ, জলীয় দ্রবণে ইহারা প্রায় সম্পূর্ণভাবে আয়নরূপে বিয়োজিত হয়।

মৃদু অ্যাসিড (Weak acid) ঃ তড়িৎ-বিয়োজনের ফলে যে অ্যাসিড স্বল্প মাত্রায় হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) গঠন করে তাহা মৃদু।

হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড (HCN), কার্বনিক অ্যাসিড (H_2CO_3), অ্যাসিটিক অ্যাসিড (CH_3COOH) ইত্যাদি অ্যাসিডের আয়নরূপে বিয়োজিত হওয়ার ক্ষমতা কম। তাই ইহাদের দ্রবণে স্বল্প হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) বর্তমান থাকে। সেজন্য ইহারা মৃদু অ্যাসিড। ফসফরিক অ্যাসিডে (H_3PO_4) তিনটি প্রতিস্থাপন-যোগ্য হাইড্রোজেন (H) পরমাণু আছে। কিন্তু হাইড্রোজেন আয়ন(H^+)-রূপে ইহার তড়িৎীয় বিশ্লেষণ ক্ষমতা কম। তাই ইহাও একটি মৃদু অ্যাসিড।

সেইরূপে কোন্ ক্ষার কত তীব্র তাহা নির্ভর করে সেই ক্ষারের আয়নরূপে বিয়োজিত হওয়ার ক্ষমতার উপরে।

তীব্র ক্ষার (Strong base) ঃ যে ক্ষার জলীয় দ্রবণে তড়িৎ-বিয়োজনের ফলে যত বেশি মাত্রায় হাইড্রক্সিল আয়ন (OH^-) গঠন করে সেই ক্ষার তত বেশি তীব্র। সোডিয়াম ও পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড (NaOH ও KOH) এরূপ তীব্র ক্ষার।

মৃদু ক্ষার (Weak base) ঃ তড়িৎ-বিয়োজনের ফলে যে ক্ষার স্বল্প মাত্রায় হাইড্রক্সিল আয়ন (OH^-) গঠন করে তাহাই মৃদু ক্ষার।

অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH) বিশেষ বিশ্লেষক্ষম নয় বলিয়া মৃদু ক্ষার। আয়রন ও অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Fe(OH)_3$ ও $Al(OH)_3$] আরও মৃদু ক্ষার। কারণ হাইড্রক্সিল (OH^-) আয়নরূপে ইহাদের বিয়োজন ক্ষমতা খুব কম।

11·6. প্রশমন (Neutralisation) ঃ

(i) সমতুল্যাংক পরিমাণ অ্যাসিড ও ক্ষারের পারস্পরিক বিক্রিয়ায় লবণ ও জল অণু গঠনের পদ্ধতিকে **প্রশমন ক্রিয়া বলা হয়।** এরূপ বিক্রিয়ায় পরে দ্রবণে অ্যাসিড বা ক্ষারের কোন লক্ষণ থাকে না। যথা ঃ $NaOH + HCl = NaCl + H_2O$

(ii) **প্রশমনের আয়নীয় সংজ্ঞা** (Ionic definition of neutralisation) ঃ সমতুল্যাংক পরিমাণ অ্যাসিড ও ক্ষার মিশ্রিত করিলে অ্যাসিডের হাইড্রোজেন আয়ন (H^+)এবং ক্ষারের হাইড্রক্সিল আয়ন (OH^-) পারস্পরিক সংযোগে অবিয়োজিত ও প্রশম জল অণু (H_2O) গঠন করিয়া যে বিক্রিয়া ঘটায় তাহাকে **প্রশমন** বলা হয়। সমতুল্যাংকের অ্যাসিড ও ক্ষারের বিক্রিয়ার ফলে অ্যাসিডের সমস্ত হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) ক্ষারের সমস্ত হাইড্রক্সিল (OH^-) আয়নের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া বিয়োজিত জল অণু গঠন করে। দ্রবণে আর উদ্‌বৃত্ত বা অতিরিক্ত হাইড্রোজেন (H^+) আয়ন বা হাইড্রক্সিল আয়ন (OH^-) থাকে না বলিয়া ইহাতে অ্যাসিড বা ক্ষারের লক্ষণ প্রকাশ পায় না। প্রশমন ক্রিয়ার বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে ঃ

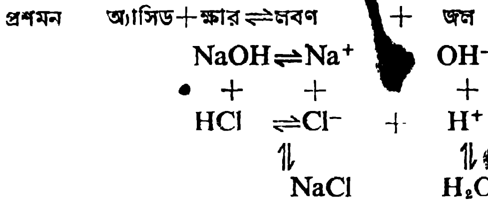
$H^+Cl^- + Na^+ + OH^- \rightleftharpoons Na^+ + Cl^- + H_2O$

লবণ ও জলের বিশ্লেষণে যে [illegible] তৈরী হয় তাহার সমগ্র পজিটিভ ও সমগ্র নেগেটিভ তড়িতের মাত্রা সমান। তাই লব[illegible] জল সর্বদা **তড়িৎ-নিরপেক্ষ (neutral)** বা **প্রশম** পদার্থ। জলের অণু আংশিকভাবে H^+ এবং OH^- আয়নরূপে বিয়োজিত হয়। কিন্তু পজিটিভ ও নেগেটিভ আয়নের সংখ্যা সম[illegible] জলে অ্যাসিড বা ক্ষারের লক্ষণ প্রকাশ পায় না।

প্রশমন ক্রিয়া পদ্ধতিতে অ্যাসিডে[illegible] আয়নের (H^+) সঙ্গে ক্ষারের হাইড্রক্সিল (OH^-) আয়নের সংযোগে অবিশ্লিষ্ট জল[illegible] অণু এরূপভাবে গঠিত হয় যথা ঃ



$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$$



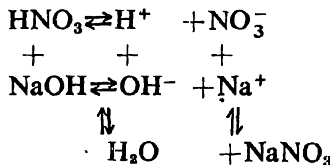
প্রশমন অ্যাসিড + ক্ষার ⇌ লবণ + জল

$$\begin{array}{ccccc} NaOH & \rightleftharpoons & Na^+ & + & OH^- \\ + & & + & & + \\ HCl & \rightleftharpoons & Cl^- & + & H^+ \\ & & \Updownarrow & & \Updownarrow \\ & & NaCl & & H_2O \end{array}$$

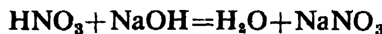
NaOH অর্থাৎ ক্ষার Na^+ ও OH^- রূপে এবং HCl অর্থাৎ অ্যাসিড H^+ ও Cl^- আয়নরূপে বিয়োজিত হয় Na^+ ও Cl^- আয়ন পুনরায় সংযুক্ত হইয়া NaCl অর্থাৎ লবণ এবং H^+ ও OH^- আয়ন সংযুক্ত হইয়া H_2O জল গঠন করে। প্রশমন ক্রিয়া সম্পূর্ণ হইলে জলে কোন **উদ্বৃত্ত** H^+ বা OH^- আয়ন থাকে না বলিয়া অ্যাসিড বা ক্ষারের লক্ষণ প্রকাশ পায় না। **প্রশমিত** দ্রবণে থাকে শুধু জল এবং লবণ।

অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা (Basicity of an acid)) ঃ অ্যাসিড কর্তৃক কোন প্রশমনের ক্ষমতা দ্বারা সেই অ্যাসিডের ক্ষার-গ্রাহিতা নির্দিষ্ট ও নির্ধারিত হয়। অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা বলিতে এই ক্ষারকত্ব-প্রশমন-ক্ষমতা বুঝায়। কোন অ্যাসিডের প্রতিটি অণু হইতে যে কয়টি হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) উৎপন্ন হয় অথবা প্রতিটি অণুতে যে কয়টি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে সেই সংখ্যাটি ঐ অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা নির্দেশ করে। যথা ঃ

নাইট্রিক অ্যাসিডের আণবিক ফর্মুলা HNO_3; এই অণুতে একটি মাত্র প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। এই অণু একটি মাত্র কস্টিক সোডা অণুর সহিত ক্রিয়ায় একটি লবণ অণু গঠন করে। ঐ লবণের নাম সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$)।



$$\begin{array}{ccccc} HNO_3 & \rightleftharpoons & H^+ & + & NO_3^- \\ + & & + & & + \\ NaOH & \rightleftharpoons & OH^- & + & Na^+ \\ & & \Updownarrow & & \Updownarrow \\ & & H_2O & + & NaNO_3 \end{array}$$



$$HNO_3 + NaOH = H_2O + NaNO_3$$

সুতরাং নাইট্রিক অ্যাসিডে ক্ষারগ্রাহিতা এক। অতএব নাইট্রিক অ্যাসিড এক-ক্ষারিক (mono-basic) অ্যাসিড।

সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা দুই। $H_2SO_4 = 2H^+ + SO_4^{=}$ অর্থাৎ, সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বি-ক্ষারিক (dibasic) অ্যাসিড।

ফসফরিক অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা তিন। $H_3PO_4 = 3H^+ + PO_4^{-3}$ অর্থাৎ, ফসফরিক অ্যাসিড ত্রি-ক্ষারিক (Tribasic) অ্যাসিড।

ক্ষারের অ্যাসিডগ্রাহিতা (Acidity of base) ঃ কোন ক্ষারক কর্তৃক অ্যাসিডকে প্রশমন করার ক্ষমতা দ্বারা ক্ষারের অ্যাসিডগ্রাহিতাটি ও নির্ধারিত হয়। ক্ষারকের অ্যাসিড-গ্রাহিতা বলিতে ক্ষারকের অ্যাসিড প্রশমন ক্ষমতা বুঝায়। ইহা নির্ণয় করা হয় একটি ক্ষার অণু কোন অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনযোগ্য কয়টি হাইড্রোজেন পরমাণু বা আয়নের (H^+) সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইতে পারে সেই সংখ্যা দ্বারা। সাধারণভাবে বলা যায় ক্ষারক অণুর যে কয়টি হাইড্রক্সিল (OH^-) আয়ন অ্যাসিড প্রশমনের জন্য ব্যবহৃত হয় সেই সংখ্যা দ্বারাই ক্ষারের অ্যাসিডগ্রাহিতা নির্দিষ্ট হয়। যথা ঃ



$$NaOH = Na^+ + OH^-, \; Ca(OH)_2 = Ca^{++} + 2(OH)^-$$

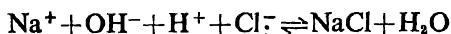


$$Al(OH)_3 = Al^{+++} + 3(OH)^-$$

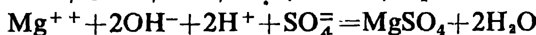
সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের অ্যাসিডগ্রাহিতা এক; ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের অ্যাসিডগ্রাহিতা দুই। NaOH এক-আম্লিক (mono-acidic) ক্ষারক; $Ca(OH)_2$ দ্বি-আম্লিক (di-acidic) ক্ষারক। অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের অ্যাসিডগ্রাহিতা তিন। $Al(OH)_3$ ত্রি-আম্লিক (tri-acidic) ক্ষারক।

11·7. লবণের গঠন ও শ্রেণীবিভাগ (Formation and classification of salts) ঃ

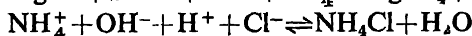
লবণ (Salts) ঃ অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন পরমাণু বা আয়ন সম্পূর্ণভাবে অথবা অংশত কোন ধাতুর পরমাণু বা ক্ষারকীয় মূলক বা আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে যে যৌগিক পদার্থটি গঠিত হয় তাহাই লবণ। যথা ঃ



$$Na^+ + OH^- + H^+ + Cl^- \rightleftharpoons NaCl + H_2O$$



$$Mg^{++} + 2OH^- + 2H^+ + SO_4^{=} = MgSO_4 + 2H_2O$$



$$NH_4^+ + OH^- + H^+ + Cl^- \rightleftharpoons NH_4Cl + H_2O$$

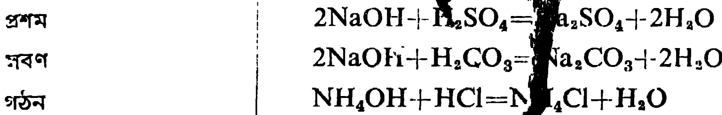
লবণের দুইটি অংশ। একাংশকে **ধাতব** (metallic) বা **ক্ষারক মূলক** (basic radical) এবং অপর অংশটিকে **অ-ধাতব** (non-metallic) বা **অ্যাসিড মূলক** (acid radical) বলা হয়।

বিভিন্ন লবণ (Salt)	**ধাতব বা ক্ষারক মূলক** (Metallic or basic radical)	**অ-ধাতব বা অ্যাসিড মূলক** (Non-metallic or acid radical)
NaCl	Na	Cl
$MgSO_4$	Mg	SO_4
KNO_3	K	NO_3

আয়নরূপে লবণের দুইটি অংশ[illegible]া **ক্যাটায়ন** বা **পজিটিভ আয়ন** এবং **অ্যানায়ন** বা **নেগেটিভ আয়ন**। লবণ জল[illegible] দ্রবণে আ[illegible]নরূপে বিশ্লেষিত হয়,

লবণ	→	ক্যা[illegible]য়ন	+	অ্যানায়ন
$CuSO_4$	→	[illegible]	+	$SO_4^{=}$
$NaNO_3$	→	[illegible]	+	NO_3^{-}
$CaCl_2$	→	[illegible]a^{++}	+	$2Cl^{-}$

প্রশম লবণ (Normal or neut[illegible]l salt)ঃ কোন অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনযোগ্য সব কয়টি হাইড্রোজেন (H) পরমাণু কোন ধাত[illegible] বা ধাতুধর্মী মূলক দ্বারা সম্পূর্ণভাবে প্রতিস্থাপিত হইলে যে যৌগ হয় তাহাকে বলা হয় প্রশম ল[illegible] প্রশম লবণে প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন (H) অথবা ক্ষারকীয় অক্সিজেন (O) বা হাইড্র[illegible]ল মূলক (OH) থাকে না। তাই সাধারণত ইহাদের জলীয় দ্রবণ নিরপেক্ষ (neutral) বা প্রশম অর্থা[illegible]দ্রবণে অ্যাসিড বা ক্ষারের লক্ষণ প্রকাশ পায় না।

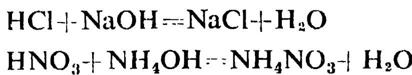


প্রশম লবণ গঠন

$$2NaOH+H_2SO_4=Na_2SO_4+2H_2O$$
$$2NaOH+H_2CO_3=Na_2CO_3+2H_2O$$
$$NH_4OH+HCl=NH_4Cl+H_2O$$

Na_2SO_4, $CaCl_2$, NH_4Cl, $Ca_3(PO_4)_2$ ইত্যাদি যৌগগুলি প্রশম লবণের কয়েকটি উদাহরণ।

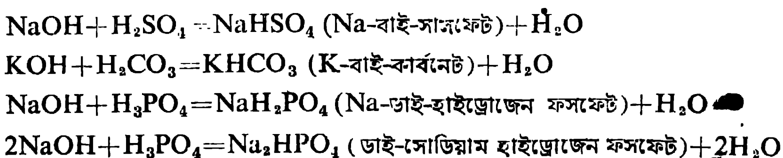
যে অ্যাসিডে একটি মাত্র প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন (H^+) পরমাণু বা আয়ন বর্তমান অর্থাৎ যাহা মনোবেসিক অ্যাসিড তাহা সর্বদা প্রশম (normal) লবণ গঠন করে। যথাঃ



$$HCl+NaOH=NaCl+H_2O$$
$$HNO_3+NH_4OH=NH_4NO_3+H_2O$$

বাই-লবণ (Bisalt) **বা অ্যাসিড লবণ** (Acid salt)ঃ যে-অ্যাসিডে প্রতিস্থাপনযোগ্য একাধিক হাইড্রোজেন (H) পরমাণু বর্তমান তাহার হাইড্রোজেন (H) পরমাণু আংশিকভাবে ধাতু বা ধাতু-ধর্মী মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া লবণ গঠন করার পরেও এরূপ লবণে যে প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন পরমাণু অবশিষ্ট থাকে তাহাকে অ্যাসিড বা বাই-লবণ বলা হয়।

পলিবেসিক অ্যাসিডের হাইড্রোজেন ক্ষারকীয় বা ধাতব মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া বাই বা অ্যাসিড লবণ তৈরী করা যায়। যথাঃ



$NaOH+H_2SO_4=NaHSO_4$ (Na-বাই-সালফেট) $+H_2O$

$KOH+H_2CO_3=KHCO_3$ (K-বাই-কার্বনেট) $+H_2O$

$NaOH+H_3PO_4=NaH_2PO_4$ (Na-ডাই-হাইড্রোজেন ফসফেট) $+H_2O$

$2NaOH+H_3PO_4=Na_2HPO_4$ (ডাই-সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট) $+2H_2O$

ক্ষারকীয় লবণ (Basic salt)ঃ যদি অ্যাসিড বা পলি-অ্যাসিডিক ক্ষারকের আংশিক প্রশমন ক্রিয়ার ফলে গঠিত লবণের মধ্যে অক্সিজেন (O) বা হাইড্রক্সিল (OH) মূলক

অবশিষ্ট বা উদ্বৃত্ত থাকে এবং যদি ইহা অতিরিক্ত অ্যা[illegible] মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া প্রশম লবণে পরিণত করা যায় তাহা হইলে এরূ[illegible] লবণকে ক্ষারকীয় লবণ বলা হয়। **যখন উচ্চতর অর্থাৎ ডাই বা পলি-অ্যাসিডিক ক্ষারক আংশি[illegible]ভাবে অ্যাসিড দ্বারা প্রশমিত হয় তখন তৈরী হয় ক্ষারকীয় লবণ।** যথা:

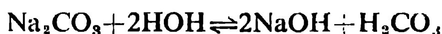


$$Pb(OH)_2 + HCl \rightarrow Pb(OH)Cl + H_2O$$
$$BiCl_3 + H_2O = BiOCl + 2HCl$$

$2PbCO_3$, $Pb(OH)_2$—শ্বেত সীসার একটি ক্ষারকীয় কার্বনেট; $CuSO_4$, $Cu(OH)_2$—কপারের একটি ক্ষারকীয় সালফেট।

11·8. লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ (Hydrolysis of salt):

সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) একটি প্রশম লবণ। সুতরাং লবণের সংজ্ঞানুযায়ী ইহার জলীয় দ্রবণে উদ্বৃত্ত হাইড্রোজেন (H^+) আয়ন বা হাইড্রক্সিল (OH) আয়ন থাকা উচিত নয়। সাধারণত কোন প্রশম লবণের দ্রবণে অ্যাসিড বা ক্ষারের ধর্ম দেখা যায় না। কিন্তু সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণের সংস্পর্শে লাল লিটমাস নীল হইয়া যায়। কারণ, জলীয় দ্রবণ সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) বিশ্লেষিত হইয়া কস্টিক সোডা ও কার্বনিক অ্যাসিডে (NaOH ও H_2CO_3) পরিণত হয়। কার্বনিক অ্যাসিড (H_2CO_3) মৃদু অ্যাসিড কিন্তু কস্টিক সোডা (NaOH) তীব্র ক্ষার। তাই, সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণে ক্ষারের লক্ষণ প্রকাশ পায়। আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে এইভাবে:



$$Na_2CO_3 + 2HOH \rightleftharpoons 2NaOH + H_2CO_3$$

লবণ   জল   তীব্র ক্ষার   মৃদু অ্যাসিড

অ্যাসিড ও ক্ষারকের বিক্রিয়ায় লবণ ও জল গঠিত হয়। অ্যাসিড ও ক্ষারক চার রকমের লবণ গঠন করিতে পারে। যথা: (i) তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারক, (ii) মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারক, (iii) তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারক, এবং (iv) মৃদু অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারক।

আর্দ্র বিশ্লেষণ (Hydrolysis): **তীব্র ক্ষারক** (Strong base) **ও মৃদু অ্যাসিড** (weak acid) **এবং মৃদু ক্ষারক** (weak base) **ও তীব্র অ্যাসিডের** (Strong acid) **পারস্পরিক প্রশমন বিক্রিয়ায় যে লবণ গঠিত হয় সেই লবণ জলীয় দ্রবণে বিশ্লেষিত বা বিয়োজিত** (dissociated) **হইয়া যায় এবং সেই বিশ্লিষ্ট দ্রবণে যথাক্রমে ক্ষার** (base) **এবং অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায়। জলীয় দ্রবণে লবণের এইরূপ বিশ্লেষণ পদ্ধতিকে বলা হয় আর্দ্র বিশ্লেষণ** (hydrolysis)।

যে দ্রবণে অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায় তাহাতে জলের হাইড্রোজেন আয়ন অপেক্ষাও অতিরিক্ত হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) বর্তমান থাকে এবং যে দ্রবণে ক্ষারের লক্ষণ প্রকাশ পায় তাহাতে জলের হাইড্রক্সিল আয়ন অপেক্ষাও অতিরিক্ত হাইড্রক্সিল আয়ন (OH^-) বর্তমান থাকে।

1. **মৃদু ক্ষারক ও তীব্র [illegible]সিডের লবণ** (Salt of weak base and strong acid) : মৃদু ক্ষারক ও তীব্র অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় গঠিত লবণের জলীয় দ্রবণে আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে এবং দ্রবণে অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায়। HCl, H_2SO_4 ও HNO_3—এরূপ তীব্র অ্যাসিডে যদি আয়রন, [illegible]াম বা কপারের হাইড্রক্সাইড [$Fe(OH)_3$; $Al(OH)_3$ বা $Cu(OH)_2$] জাতী[illegible]কের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া লবণ গঠন করে তবে জলীয় দ্রবণে সেই লবণের [illegible]-বিশ্লেষণ ঘটে এবং ইহাতে **অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায়।** যথা :



$$FeCl_3+3HOH \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3HCl\ (H^+ + Cl^-)$$

লবণ জল (মৃদু ক্ষার[illegible]) (তীব্র অ্যাসিড)



$$Al_2(SO_4)_3+6HOH \rightleftharpoons 2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4(2H^+ + SO_4^{=})$$

লবণ জল (মৃদু [illegible]ক) (তীব্র অ্যাসিড)

2. **তীব্র ক্ষারক ও মৃদু অ্যাসিডের লবণ** (S[illegible] of strong base and weak acid) : তীব্র ক্ষারক ও মৃদু অ্যাসিডের ল[illegible]ণের জ[illegible] দ্রবণে আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে এবং দ্রবণে ক্ষারের লক্ষণ প্রকাশ পায়। NaOH, KO[illegible] ইত্যাদি তীব্র ক্ষারের সঙ্গে যদি কার্বনিক অ্যাসিড (H_2CO_3), হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসি[illegible] (HCN) ইত্যাদি মৃদু অ্যাসিডের লবণ গঠিত হয় তবে সেই লবণের জলীয় দ্রবণে আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে এবং ইহাতে **ক্ষারের লক্ষণ প্রকাশ পায়।** যথা :



$$NaCN + HOH \rightleftharpoons NaOH(Na^+ + OH^-) + HCN$$

লবণ জল (তীব্র ক্ষার) (মৃদু অ্যাসিড)



$$Na_2CO_3+2HOH \rightleftharpoons 2NaOH(Na^+ + OH^-) + H_2CO_3$$

লবণ জল (তীব্র ক্ষার) (মৃদু অ্যাসিড)

3. **মৃদু ক্ষারক ও মৃদু অ্যাসিডের লবণ** (Salt of weak base and weak acid) : মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারকের লবণ জলীয় দ্রবণে বিশ্লেষিত হইয়া মৃদু ক্ষারক ও মৃদু অ্যাসিডে পরিণত হয়। যদি ক্ষারক ও অ্যাসিড দ্রবণের শক্তি সমান হয়, তাহা হইলে এই লবণের জলীয় দ্রবণ কার্যত নিরপেক্ষ বা প্রশম (neutral) থাকে। যথা :

অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেটের জলীয় দ্রবণ মোটামুটি নিরপেক্ষ বা প্রশম (neutral) থাকে। কারণ, আর্দ্র-বিশ্লেষণে প্রাপ্ত অ্যাসেটিক অ্যাসিড (CH_3COOH) এবং অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড উভয়েই ধর্মে মৃদু। যথা :



$$CH_3COONH_4+HOH \rightleftharpoons CH_3COOH+NH_4OH$$

লবণ জল (মৃদু অ্যাসিড) (মৃদু ক্ষার)

অ্যাসিড বা ক্ষার একটি অপরটি হইতে অপেক্ষাকৃত তীব্রতর হইলে এই লবণগুলির জলীয় দ্রবণে যথাক্রমে অ্যাসিড ও ক্ষারের লক্ষণ প্রকাশ পায়। অ্যামোনিয়াম ফরমেটের জলীয় দ্রবণে

অ্যাসিডের সামান্য লক্ষণ প্রকাশ পায়। কারণ, মৃদু ফরমিক অ্যাসিড পারস্পরিক তুলনায় মৃদু অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড হইতে তীব্রতর।



$$HCOONH_4 + HOH \rightleftharpoons HCOOH + NH_4OH$$

(অ্যামোনিয়াম ফরমেট) জল (ফরমিক অ্যাসিড) (মৃদু ক্ষার)

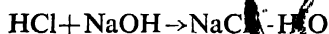
অ্যামোনিয়াম কার্বনেট লবণ মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারের প্রশমনে গঠিত। কিন্তু ইহার আর্দ্র-বিশ্লেষণে যে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH) তৈরী হয় তাহা কার্বনিক অ্যাসিডের তুলনায় তীব্রতর। তাই এরূপ দ্রবণে ক্ষারের লক্ষণ প্রকাশ পায়। যথাঃ



$$(NH_4)_2CO_3 + 2H_2O \rightleftharpoons 2NH_4OH + H_2CO_3$$

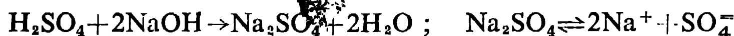
লবণ জল ক্ষার অ্যাসিড

4. **তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারকের লবণ** (Salt of strong acid and strong base)ঃ একমাত্র তীব্র ক্ষারক ও তীব্র অ্যাসিডের লবণের জলীয় দ্রবণের আর্দ্রবিশ্লেষণ ঘটে না। কারণ ইহাদের বিশ্লেষণে উদ্ভূত হাইড্রোজেন (H^+) আয়ন বা হাইড্রক্সিল (OH^-) আয়ন গঠিত হয় না। সেইজন্য এরূপ লবণের জলীয় দ্রবণে অ্যাসিড বা ক্ষারকের লক্ষণ প্রকশ পায় না বলিয়া ইহা নিরপেক্ষ বা **প্রশম লবণ।** যথাঃ





$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O \qquad NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$



$$H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O\ ; \qquad Na_2SO_4 \rightleftharpoons 2Na^+ + SO_4^{=}$$



$$HNO_3 + KOH \rightarrow KNO_3 + H_2O\ ; \qquad KNO_3 \rightleftharpoons K^+ + NO_3^-$$

ধাতব ও অধাতব অক্সাইড (Oxides of metal and non-metal)ঃ

কোন মৌলিক পদার্থের সঙ্গে অক্সিজেন যুক্ত হইয়া যে যৌগিক পদার্থ গঠন করে তাহাকে বলা হয় **অক্সাইড** (oxide)। অক্সিজেনের যৌগের সংখ্যা অগণিত। অল্প কয়েকটি ছাড়া অক্সিজেন প্রায় সমস্ত মৌলিক পদার্থের সঙ্গে যুক্ত হইয়া অক্সাইড যৌগ গঠন করে। কারণ অক্সিজেন একটি অতি সক্রিয় পদার্থ। অক্সিজেনের বিভিন্ন রকম যৌগিক পদার্থ—গ্যাস, তরল ও কঠিন—এই তিন অবস্থায়ই পাওয়া যায়।

যে-মৌলিক পদার্থের সঙ্গে অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া অক্সাইড গঠন করে সেই অক্সাইডের নাম লেখা হয় মৌলিক পদার্থের নামানুসারে।

11·9. অক্সাইডের শ্রেণীবিভাগ (Classification of oxides)ঃ সমস্ত রকম অক্সাইডকে সাধারণত পাঁচ শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। যথাঃ

(i) **আম্লিক অক্সাইড** (Acidic oxide)ঃ সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2), সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3), কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2), ফসফরাস পেন্টক্সাইড (P_2O_5), নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড (N_2O_5) ইত্যাদি অ-ধাতুর অক্সাইডগুলি জলে দ্রবীভূত হয় এবং সেই জলীয় দ্রবণে **অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায়।** তাই, এরূপ জলীয় দ্রবণে নীল লিটমাস কাগজ ডুবাইলে তাহা লাল হইয়া যায়। সুতরাং **যে অ-ধাতব অক্সাইডের জলীয়**

দ্রবণে অ্যাসিডের ধর্ম প্রকাশ পা[illegible]রূপ অক্সাইডের আম্লিক অক্সাইড বলা হয়।
ইহাদের বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে ঃ

SO_2	+	H_2O	[illegible]	H_2SO_3
সালফার ডাই-অক্সাইড		[illegible]		সালফিউরাস অ্যাসিড
SO_3	+	[illegible]		H_2SO_4
সালফার ট্রাই-অক্সাইড		[illegible]		সালফিউরিক অ্যাসিড
N_2O_5	+	H_2O		$2HNO_3$
নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড		[illegible]		নাইট্রিক অ্যাসিড
P_2O_5	+	$3H_2O$		$2H_3PO_4$
ফসফরাস পেন্টক্সাইড		[illegible]		ফসফরিক অ্যাসিড

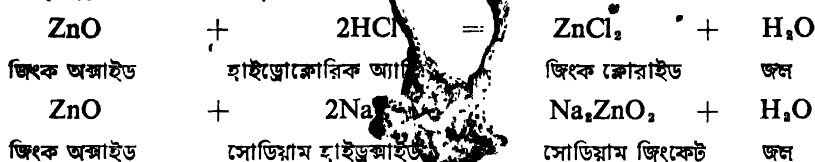
(ii) **ক্ষারকীয় অক্সাইড** (Basic oxides) সোডিয়াম ও পটাসিয়াম মনক্সাইড (Na_2O, K_2O), ক্যালসিয়াম অক্সাইড বা চু[illegible] CaO [illegible]াদি অক্সাইডগুলি জলে দ্রবীভূত হয় এবং সেই জলীয় দ্রবণে **ক্ষারের** (alka[illegible] **লবণ** [illegible]শ পায়। তাই এরূপ জলীয় দ্রবণে লাল লিটমাস কাগজ ভিজাইলে তাহা নী[illegible] হইয়া[illegible]ায়। কিন্তু সকল প্রকার ধাতব অক্সাইড জলে দ্রবণীয় নয়। যে অক্সাইড অ্যাসিডের সঙ্গে[illegible] ক্রিয়ায় লবণ ও জল গঠন করে তাহাকে **ক্ষারকীয় অক্সাইড** বলে। ইহাদের বিক্রি[illegible]র প ঃ

Na_2O	+	H_2O	=	$2NaOH$ (জলে দ্রবণীয়)		
সোডিয়াম মনক্সাইড		জল		সোডিয়াম ক্ষার বা কস্টিক সোডা		
CaO	+	H_2O	=	$Ca(OH)_2$ (জলে আংশিক দ্রবণীয়)		
ক্যালসিয়াম অক্সাইড		জল		ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড (চুনের জল)		
CuO (অদ্রাব্য)	+	H_2SO_4	=	$CuSO_4$	+	H_2O
কপার অক্সাইড		সালফিউরিক অ্যাসিড		কপার সালফেট লবণ		জল
Fe_2O_3 (অদ্রাব্য)	+	$6HCl$	=	$2FeCl_3$	+	$3H_2O$
ফেরিক অক্সাইড		হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড		ফেরিক ক্লোরাইড		জল

(iii) **প্রশম** বা **নিরপেক্ষ অক্সাইড** (Neutral oxide) ঃ কোন কোন অ-ধাতব অক্সাইডের জলীয় মিশ্রণের মধ্যে অ্যাসিড বা ক্ষারের কোন ধর্মই প্রকাশ পায় না বলিয়া ইহাদের **প্রশম** বা **নিরপেক্ষ অক্সাইড** বলা হয়। ইহারা জলের মধ্যে দ্রবীভূত হয় না বা জলের সঙ্গে ইহাদের কোন বিক্রিয়া ঘটে না। কার্বন মনক্সাইড (CO), নাইট্রিক অক্সাইড (NO) ইত্যাদি প্রশম অক্সাইড। জলও (H_2O) একটি প্রশম অক্সাইড।

(iv) **উভধর্মী অক্সাইড** (Amphoteric oxide) ঃ জিংক (ZnO), টিন (SnO) ও অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড (Al_2O_3)-গুলির ন্যায় ধাতব অক্সাইড, যাহা অ্যাসিড ও ক্ষারের সঙ্গে সমভাবে বিক্রিয়া ঘটায়—উহাদের উভধর্মী অক্সাইড বলা হয়। অর্থাৎ এরূপ অক্সাইডে অ্যাসিডিক ও বেসিক—উভয় অক্সাইডের ধর্ম সমভাবে বর্তমান। **যে সকল অক্সাইডে**

আম্লিক ও ক্ষারকীয়—এরূপ উভয় প্রকার অক্সাইডের ধর্ম প্রকাশ পায় তাহাদের উভধর্মী অক্সাইড বলে।



$$ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O$$

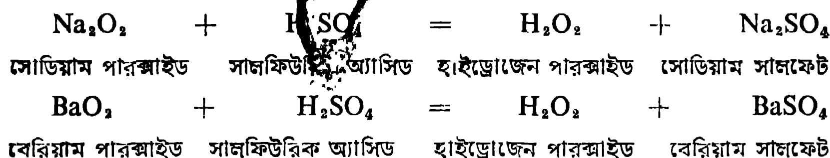
জিংক অক্সাইড হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জিংক ক্লোরাইড জল

$$ZnO + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2O$$

জিংক অক্সাইড সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড সোডিয়াম জিংকেট জল

জিংক অক্সাইড (ZnO) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায় বলিয়া ইহা ক্ষার-ধর্মী; আবার ইহা ক্ষারের সঙ্গে (NaOH) বিক্রিয়া ঘটায় বলিয়া অ্যাসিড-ধর্মী।

(v) **পারক্সাইড** (Peroxides) ঃ যে অক্সাইড অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন করে সেইরূপ অক্সাইডকে **পারক্সাইড** বলে। সাধারণ যোজ্যতা অনুযায়ী যতখানি অক্সিজেন থাকা প্রয়োজন পারক্সাইডের বিশেষ ধরনের গঠনের ফলে তার বেশি পরিমাণে অক্সিজেন থাকে। [Na_2O_2 ; H–O–O–H] এরূপ ধাতব পারক্সাইডের সঙ্গে অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পারক্সাইড গঠিত হয়। পারক্সাইডে অ্যাসিডিক বা বেসিক অক্সাইডের চেয়ে বেশী অক্সিজেন থাকে। যথা ঃ



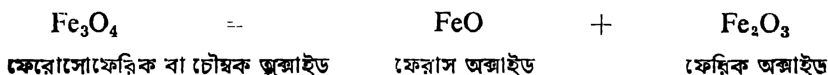
$$Na_2O_2 + H_2SO_4 = H_2O_2 + Na_2SO_4$$

সোডিয়াম পারক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন পারক্সাইড সোডিয়াম সালফেট

$$BaO_2 + H_2SO_4 = H_2O_2 + BaSO_4$$

বেরিয়াম পারক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন পারক্সাইড বেরিয়াম সালফেট

(vi) **মিশ্র অক্সাইড** (Mixed oxides) ঃ একই মৌলের বিভিন্ন যোজ্যতার দুইটি অক্সাইডের রাসায়নিক সংযোগে যে যৌগ গঠিত হয়, তাহাকে **মিশ্র অক্সাইড** বলা হয়। যথা ঃ



$$Fe_3O_4 = FeO + Fe_2O_3$$

ফেরোসোফেরিক বা চৌম্বক অক্সাইড ফেরাস অক্সাইড ফেরিক অক্সাইড

অক্সাইডের চার্ট

আম্লিক অক্সাইড	ক্ষারকীয় অক্সাইড	উভধর্মী অক্সাইড	প্রশম অক্সাইড	পারক্সাইড	মিশ্র অক্সাইড
CO_2	Na_2O	ZnO	H_2O	Na_2O_2	Fe_3O_4
SO_2	K_2O	Al_2O_3	NO	H_2O_2	$(FeO+Fe_2O_3)$
SO_3	CaO	SnO	CO	BaO_2	Mn_3O_4
P_2O_5	MgO				$(MnO+$
N_2O_5	CuO				$Mn_2O_3)$

প্রশ্ন

1. অ্যাসিড ও ক্ষারের সংজ্ঞা [illegible] এবং উদাহরণ দাও। ইহাদের আয়নীয় সংজ্ঞা লিখ। আয়নীয় সংজ্ঞা অনুযায়ী তীব্র ও মৃদু [illegible]ার কাহা[illegible] বলে?

2. ক্ষার ও ক্ষারকের পার্থক্য কি[illegible] [illegible]র সংজ্ঞা দাও এবং উদাহরণসহ লবণের শ্রেণী ভাগ কর।

3. লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ কা[illegible]? উদাহরণ দাও। প্রশমন ক্রিয়া কাহাকে বলে?

4. নিম্নলিখিত লবণগুলি জলে দ্রবী[illegible]ত করিলে কি ঘটে? এরূপ লবণের দ্রবণগুলি অ্যাসিড, বা ক্ষার বা ক্ষারক ধর্ম বহন করে কি[illegible]া,—তাহা কিভাবে প্রমাণ করিবে? NaCl, Na_2CO_3, $AlCl_3$, CH_3COONH_4, Fe[illegible], $(NH_4)_2CO_3$, K_2S.

5. সংক্ষেপে টীকা লিখ: (ক) অ্যাসি[illegible] ক্ষারক ও লবণ; (খ) অ্যাসিড, লবণ এবং ক্ষারকীয় লবণ; (গ) আর্দ্র-বিশ্লেষণ। প্রতি [illegible] উপযু[illegible]শ্লেষণ দাও।

6. (ক) তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষার; (খ) [illegible] অ্যাসিড [illegible]তীব্র ক্ষার এবং (গ) তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারের প্রশমন ক্রিয়ায় কি ঘটে? উদাহর[illegible]সহ বিক্রি[illegible]া ব্যাখ্যা কর। সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণে ক্ষারের লক্ষণ প্রকাশ পায় কেন?

7. ধাতব ও অধাতব অক্সাইডের শ্রেণীভাগ কর। [illegible]যুক্ত উদাহরণ দাও। কোন্ কোন্ অক্সাইড জলীয় দ্রবণে অ্যাসিড বা ক্ষারের লক্ষণ বহন ক[illegible]?

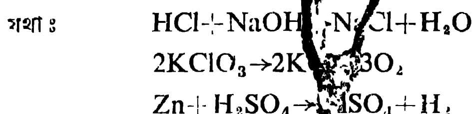
12 রাসায়নিক প্রতিসাম্যাবস্থা ও ভরক্রিয়া সূত্র

(Chemical Equilibrium and Law of Mass Action)

সাধারণত একটি বা একাধিক বিকারক পদার্থের রাসায়নিক পরিবর্তন বা বিক্রিয়ার ফলে একটি বা একাধিক বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ গঠিত হয়। এরূপ বিক্রিয়া সম্পূর্ণ না হওয়া পর্যন্ত বিকারক পদার্থটির মধ্যে ক্রমাগত পরিবর্তন ঘটে এবং বিকারক পদার্থ নিঃশেষ হইয়া বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ গঠিত না হওয়া পর্যন্ত বিক্রিয়া চলিতে থাকে। বিকারকের রাসায়নিক পরিবর্তন সম্পূর্ণ হইলে বিক্রিয়া বন্ধ হয়। এরূপ বিক্রিয়া শুধুমাত্র সম্মুখদিকে ঘটে বলিয়া ইহাকে বলা হয় **একমুখী বিক্রিয়া** (Irreversible reaction)।

12·1. একমুখী বিক্রিয়া: যে বিক্রিয়া এক বা একাধিক বিকারক পদার্থ এক বা একাধিক বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ গঠন করে এবং বিকারকের রাসায়নিক পরিবর্তন সম্পূর্ণ না হওয়া পর্যন্ত বিক্রিয়াটি শুধুমাত্র সম্মুখ দিকে ঘটিতে থাকে তাহাকে বলা হয় একমুখী বিক্রিয়া।

যথা ঃ

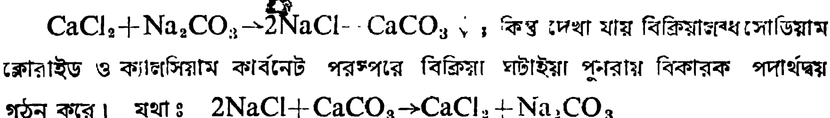


$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$

$2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$

$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$

1862 খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী বার্থেলো (Berthelo) লক্ষ্য করেন যে কোন কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির মধ্যে পুনরায় রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং তার ফলে বিকারক পদার্থটি পুনর্গঠিত হয়। দেখা যায় যে, ইথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসেটিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে দুই-তৃতীয়াংশ বিকারক পদার্থে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে এবং এক-তৃতীয়াংশ বিকারক পদার্থ অপরিবর্তিত থাকে। সাধারণত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম কার্বনেটের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম কার্বনেট গঠিত হয়। যথা ঃ



$CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow 2NaCl + CaCO_3 \downarrow$; কিন্তু দেখা যায় বিক্রিয়ালব্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম কার্বনেট পরস্পরে বিক্রিয়া ঘটাইয়া পুনরায় বিকারক পদার্থদ্বয় গঠন করে। যথা ঃ $2NaCl + CaCO_3 \rightarrow CaCl_2 + Na_2CO_3$

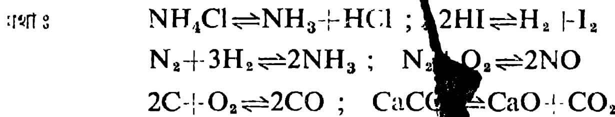
বার্থোলে বলেন যে এই কারণেই মিশরের সমুদ্র তীরে চুনা-পাথর ও সমুদ্রের লবণ জলের বিক্রিয়ায় প্রচুর পরিমাণে সোডা গঠিত হইয়াছে।

পরবর্তী গবেষণায় দেখা যায় কোন কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যে বিক্রিয়ালব্ধ একাধিক পদার্থ গঠিত হয় তাহা পরস্পরে বিক্রিয়া ঘটাইয়া মূল বিকারক পদার্থ পুনর্গঠিত করে। এরূপ বিক্রিয়াকে বলা হয় **পশ্চাদ্‌মুখী** বিক্রিয়া। কোন এক বা একাধিক বিকারক সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার ফলে যে বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ গঠন করে তাহা পুনরায় পরস্পরে পশ্চাদ্‌মুখী বিক্রিয়া ঘটাইয়া

যেভাবে মূল বিজারক পুনর্গঠিত করে বিক্রিয়ার সেই পদ্ধতিকে উভমুখী বা প্রতিমুখী বিক্রিয়া (Reversible reaction) বলা হয়।

12·2. উভমুখী বা প্রতিমুখী বিক্রিয়া : কোন এক বা একাধিক বিকারকের রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে যে বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ গঠিত হয় তাহা যদি সক্রিয় হইয়া পুনরায় মূল বিকারক পদার্থ গঠন করে, তবে যুগপৎ সম্মুখ-গতি এবং পশ্চাৎ গতির রাসায়নিক বিক্রিয়াকে বলা হয় উভমুখী বা প্রতিমুখী বিক্রিয়া।

এরূপ উভমুখী বিক্রিয়ার সমীকরণ '⇌' এরূপ চিহ্ন দ্বারা নির্দেশ করা হয়।



যথা : $NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$; $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$

$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$; $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$

$2C + O_2 \rightleftharpoons 2CO$; $CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2$

12·3. রাসায়নিক প্রতি-স্যাম্যাবস্থা (Chemical Equilibrium) : বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের মধ্যে যখন উভমুখী বিক্রিয়া ঘটে তখন কি বিকারক বা বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের মধ্যে রাসায়নিক পরিবর্তন বা বিক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায়? বস্তুত, উভমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রেও বিকারকের মধ্যে সম্মুখমুখী বিক্রিয়া এবং বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের মধ্যে পশ্চাদ্‌মুখী বিক্রিয়া অক্ষুণ্ণ থাকে। কিন্তু এরূপ উভমুখী বিক্রিয়ায় সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার হার (rate of forward reaction) এবং পশ্চাদ্‌মুখী বিক্রিয়ার হার (rate of backward reaction) সমান হয়। তাই, উভমুখী বিক্রিয়ার অবস্থায় বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের তৌলিক পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকে বলিয়া আপাতদৃষ্টিতে মনে হয় রাসায়নিক বিক্রিয়া বুঝি নিষ্ক্রিয় হইয়া গিয়াছে।

প্রতি-সাম্যাবস্থা (Equilibrium State) : যে অবস্থায় কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিকারকের সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার হার বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের পশ্চাদমুখী বিক্রিয়ার হার সমান হয় এবং যাহার ফলে সম-পারিপার্শ্বিক অবস্থায় বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের তৌলিক পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকে, বিক্রিয়ার সেই অবস্থাকে বলা হয় প্রতি-সাম্যাবস্থা।

এরূপ প্রতি-সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়াটি নিশ্চল হয় না—সচল বা গতিশীল থাকে। অর্থাৎ যে পরিমাণ বিকারক সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার ফলে বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থে পরিণত হয়, ঠিক সম-পরিমাণ বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ যুগপৎ পশ্চাদমুখী বিক্রিয়ার মূল বিকারক পদার্থরূপে পুনর্গঠিত হয়। তাই উভমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে যুগপৎ সম্মুখমুখী ও পশ্চাদমুখী বিক্রিয়া সমহারে ঘটে বলিয়া বিক্রিয়ার এরূপ অবস্থাকে বলা হয় **সচল বা গতিশীল সাম্যাবস্থা** (Dynamic equilibrium)।

12·4. প্রতি-সাম্যাবস্থার ভৌতিক উদাহরণ (Physical equilibrium State) :

(i) **বাষ্প-তরল প্রতি-সাম্যাবস্থা** : আংশিক জল-ভরা একটি আবদ্ধ পাত্রের জল কিছুটা বাষ্পে পরিণত হয়। 20°C তাপমাত্রায় এরূপ জলীয় বাষ্পের চাপ 17·5 mm. ; এই

তাপমাত্রা ও বাষ্প-চাপে যে কয়টি জল অণু জলীয় বাষ্পে পরিণত হয়, ঠিক সেই সংখ্যক জলীয় বাষ্পের অণু তরলাকার জল রূপে পুনর্গঠিত হয়। অর্থাৎ জল হইতে জলীয় বাষ্প গঠনের হার এবং যুগপৎ জলীয় বাষ্প হইতে তরল জল অণু গঠনের হার সমান হয়। তাই, জলীয় বাষ্প ও তরল জলের ভৌত পরিবর্তনের ক্ষেত্রে একটি প্রতি-সাম্যাবস্থা রচিত হয়।

(ii) **কঠিন-তরল প্রতি-সাম্যাবস্থা:** নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় প্রস্তুত কপার সালফেটের সম্পৃক্ত দ্রবণে এক খণ্ড অতিরিক্ত কপার সালফেট কেলাস ফেলিলে যত সংখ্যক কপার সালফেট অণু জলে দ্রবীভূত হইবে, ঠিক তত সংখ্যক কপার সালফেট অণু কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণ হইতে কপার সালফেট কেলাসের গায়ে অধঃক্ষিপ্ত হইবে। এরূপ অবস্থায় কপার সালফেট কেলাস হইতে ইহার অণুর জলে দ্রবীভূত হওয়ার হার এবং সম্পৃক্ত দ্রবণ হইতে কপার সালফেট অধঃক্ষেপণের হার সমান হইবে। ইহা কঠিন-তরলের একটি ভৌত প্রতি-সাম্যাবস্থার উদাহরণ।

(iii) **রাসায়নিক প্রতি-সাম্যাবস্থা** (Chemical equilibrium): একটি **আবদ্ধ পাত্রে** চুনা-পাথর তথা ক্যালসিয়াম কার্বনেট 800°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে তাহার ফলে [illegible] mm. গ্যাসের চাপ সৃষ্টি হয়। এরূপ তাপমাত্রা ও চাপের পারিবেশিক অবস্থায় বিক্রিয়াটি **উভমুখী** বা **প্রতিমুখী** বিক্রিয়ায় পরিণত হয়। যথা:



$$CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2 \uparrow$$

এরূপ পরিবেশে যুগপৎ যতগুলি $CaCO_3$ অণু ভাঙ্গিয়া CaO এবং CO_2 গঠিত হয় সেই সংখ্যক বিক্রিয়ালব্ধ CaO এবং CO_2 অণু পুনরায় সংযুক্ত হইয়া সেই সমসংখ্যক $CaCO_3$ অণু পুনর্গঠন করে। অর্থাৎ এরূপ উভমুখী বিক্রিয়ায় সম্মুখ-মুখী বিক্রিয়ার হার পশ্চাৎ-মুখী বিক্রিয়ার হারের সমান হয়। ইহার ফলে এরূপ উভমুখী রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে রাসায়নিক **প্রতি-সাম্যাবস্থা সৃষ্টি হয়।**

সংজ্ঞা: কোন একটি আবদ্ধ পরিবেশে (closed system) একটি উভমুখী রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিকারকের সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার হার যদি বিক্রিয়া-লব্ধ পদার্থের পশ্চাৎ-মুখী বিক্রিয়ার হারের সমান হয়, তবে যে অবস্থার সৃষ্টি হয় তাকে বলা হয় রাসায়নিক প্রতি-সাম্যাবস্থা।

[উদাহরণ: উভমুখী বিক্রিয়া]।

12·5. রাসায়নিক প্রতি-সাম্যাবস্থার বৈশিষ্ট্য (Characteristics of Chemical equilibrium): কোন আবদ্ধ পরিবেশে (closed system) উভমুখী রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রতি-সাম্যাবস্থা নিম্নরূপভাবে প্রভাবিত হয়:

(i) **নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের পরিমাণ ও ধর্মের অক্ষুন্নতা:** নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় অনুষ্ঠিত রাসায়নিক প্রতি-সাম্যাবস্থার ক্ষেত্রে বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের ধর্ম ও তৌলিক পরিমাণ অক্ষুন্ন থাকে। যথা: $NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$—**এই উভমুখী** বিক্রিয়ার প্রতি-সাম্যাবস্থায় বিকারক NH_4Cl এবং বিক্রিয়ালব্ধ NH_3 ও HCl-এর ধর্ম ও তৌলিক পরিমাণ অক্ষুন্ন থাকে।

(ii) **বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ [illegible]দার্থের গা[illegible]ত্বের (Concentration) প্রভাব :** নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় উভমুখী রাসায়নিক [illegible]ক্রিয়া প্রতি[illegible]সাম্যাবস্থায় বিকারক বা বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের গাঢ়ত্বের পরিবর্তনের ফলে প্রতি-সাম্যাবস্থার[illegible]ও পরিবর্তন ঘটে। যথা : $CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2$—এই বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে CO_2 [illegible] করিলে তথা আবদ্ধ পাত্র হইতে বাহির হইয়া যাওয়ার সুযোগ দিলে বিক্রিয়ালব্ধ পদ[illegible] হ্রাস হয়। ইহার ফলে $CaCO_3$ অধিক পরিমাণে ভাঙ্গিয়া CaO গঠিত হয়।

(iii) **তাপমাত্রার প্রভাব :** রাসায়নিক প্রতি-সাম্যাবস্থার তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটিলে উভমুখী বিক্রিয়ার প্রতি-সাম্যাবস্থারও পরিবর্তন ঘটে। যথা : $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$—এরূপ উভমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে অধিক পরিমাণে NO উৎপন্ন হয়। যেমন, 1604°C তাপমাত্রায় 0·42% NO গঠিত হয় [illegible]কিন্তু 2907°C তাপমাত্রায় 5·0% NO গঠিত হয়।

(iv) **চাপের প্রভাব :** কঠিন বা তরল অ[illegible] বিক্রি[illegible] চাপের পরিবর্তনে উভমুখী বিক্রিয়ার প্রতি-সাম্যাবস্থার কোন উল্লেখযোগ্য পরিব[illegible] ঘটে না [illegible]কিন্তু গ্যাসীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে চাপের পরিবর্তন উভমুখী বিক্রিয়ার প্রতি-সাম্যাব[illegible] বিশেষ[illegible]বে প্রভাবিত করে। যথা : $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$—এরূপ উভমুখী বিক্রিয়ার ক্ষে[illegible] চা[illegible] বৃদ্ধির ফলে অধিক পরিমাণে অ্যামোনিয়া (NH_3) গঠিত হয়।

12·6. রাসায়নিক প্রতি-সাম্যাবস্থার পর্যালোচনায় দে[illegible] যায় যে, **প্রতি-সাম্যাবস্থায়**—(i) রাসায়নিক বিক্রিয়া নিশ্চল অবস্থায় থাকে না,—বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের মধ্যে অবিরাম রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে এবং তাহার ফলে বিক্রিয়ায় একটি **সচল-সাম্যাবস্থার** (Dynamic equilibrium) সৃষ্টি হয়, (ii) প্রতি-সাম্যাবস্থার ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার সম্মুখ গতি এবং পশ্চাৎ-গতির হার সমান হয়; অর্থাৎ এরূপ অবস্থায় যখন বি[illegible]ক্রিয়ার হার সর্বোচ্চ মাত্রায় পৌঁছে, তখন সম্মুখ-মুখী ও পশ্চাৎ-মুখী বিক্রিয়ার হার সমান হয়; এবং (iii) নির্দিষ্ট শর্ত তথা পরিবেশে বিক্রিয়ার এরূপ প্রতি-সাম্যাবস্থা স্থায়ী থাকে। যদি তাপ[illegible], পারিপার্শ্বিক অবস্থা অথবা বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের গাঢ়ত্বের পরিবর্তন ঘটান [illegible] শুধুমাত্র এরূপ ক্ষেত্রেই রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রতি-সাম্যাবস্থার পরিবর্তন ঘটে।

12·7. ভর-ক্রিয়া সূত্র (Law of Mass Action) : রাসায়নিক বিক্রিয়া বিশেষ করিয়া উভমুখী রাসায়নিক বিক্রিয়ার পরীক্ষাগুলি বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় যে, বিক্রিয়ার তাপমাত্রা এবং পারিপার্শ্বিক অবস্থা যদি নির্দিষ্ট বা স্থির থাকে তবে বিকারক (reactants) বা বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের (product) গাঢ়ত্ব (concentration) পরিবর্তিত হইলে বিক্রিয়ার সম্মুখ বা পশ্চাৎ গতির হারও (rate) পরিবর্তিত হয়। বিকারকের গাঢ়ত্ব যদি বৃদ্ধি করা যায় তবে, বিক্রিয়া সম্মুখ-গতির হার বৃদ্ধি পায় এবং বিক্রিয়া-লব্ধ পদার্থের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করিলে বিক্রিয়ার পশ্চাৎ-গতির হার বৃদ্ধি পায়। যথা : প্রতি সেকেণ্ডে H_2O_2-এর লঘু দ্রব[illegible] যে হারে বিয়োজিত হয় ($2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$), H_2O_2-এর দ্রবণ অধিকতর গাঢ় হইলে

ইহার বিয়োজনের হার বৃদ্ধি পায়। জিংকের স[illegible] বিক্রিয়ায় লঘু HCl-এর চেয়ে অধিকতর গাঢ় HCl-এর বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি।

কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিকারক এবং বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের আণবিক গাঢ়ত্বের উপরে কিরূপ পরিমাণে বিক্রিয়ার হার নির্ভর করে [illegible] 1867 খৃষ্টাব্দে স্ক্যাণ্ডেনেভিয়ান রাসায়নিকদ্বয় **গুল্ডবার্গ** এবং **ওয়াগে** (Gouldb[illegible] Waage) একটি তাত্ত্বিক সূত্ররূপে প্রকাশ করেন। এই সূত্রটি পরিচিতি লাভ করে ভ[illegible] সূত্র (Law of Mass Action) নামে।

ভর-ক্রিয়া সূত্রের সংজ্ঞা ঃ কোন নি[illegible]ষ্ট তাপমাত্রায় যে-কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার (rate of chemical reaction) তৎকালীন বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ সমূহের সক্রিয় ভরের (Active mass) [illegible]ানুপাতিক।

সক্রিয় ভরের (Active mass[illegible]ংজ্ঞা ঃ যে-কোন পদার্থের আণবিক গাঢ়ত্বকে (molecular concentration) ব[illegible]য় সেই পদার্থের সক্রিয় ভর। সাধারণত, প্রতি লিটার দ্রবণে কত গ্রাম-অণু [illegible] বর্ত[illegible] াহা দ্বারা সেই পদার্থের সক্রিয় ভর ব্যক্ত করা হয়।

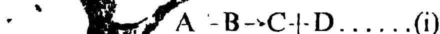
এক লিটার দ্রবণে [illegible]দি এক [illegible]ম-অণু কোন পদার্থ দ্রবীভূত থাকে তবে সেই দ্রবণকে বলা হয় এক গ্[illegible]া-আণ[illegible]বিক দ্রবণ (one gram-molecular solution) ;

সাংকেতিক ভাবে ইহা [illegible]—1·0M :

1·0M HCl-দ্রবণে H[illegible] (1+35·5)=36·5 গ্রাম এবং 0·5M HCl-দ্রবণে থাকে 18·25 গ্রাম HCl; [illegible]কেতিক চিহ্নে আণবিক গাঢ়ত্ব লেখা হয়—[HCl], [H_2] ইত্যাদি রূপে।

[HCl]-এরূপ চিহ্নের অর্থ HCl-এর গ্রাম আণবিক গাঢ়ত্ব।

12·8. ভর-ক্রিয়া সূত্রের সমীকরণ (Equation of Mass Action) ঃ মনে কর, A ও B দুইটি পদার্থের [illegible]ক্রিয়ার ফলে C ও D বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ তৈরী হয়। সুতরাং এরূপ বিক্রিয়ার ক্ষে[illegible]মুখ-গতি বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে ঃ



$$A + B \rightarrow C + D \; ......(i)$$

বিক্রিয়ালব্ধ পদ[illegible] হইয়া যদি পশ্চাদ্‌মুখী বিক্রিয়া ঘটায়, তবে এরূপ বিক্রিয়া ঘটে নিম্নরূপ ভাবে ঃ $C + D \rightarrow A + B \; ....(ii)$

যদি বিকারক পদার্থ A এবং B-র সম্মুখ-গতি **বিক্রিয়ার হার** এবং বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ C এবং D-এর পশ্চাদ্‌মুখী **বিক্রিয়ার হার** সমান হয়, তবে এরূপ **উভমুখী** (reversible) বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখা যায়। $A + B \rightleftharpoons C + D$

ভর-ক্রিয়া সূত্র অনুযায়ী, সম্মুখ-গতি (i) বিক্রিয়ার হার যদি হয় r_1, তবে $r_1 \propto [A]\,[B]$; অথবা $r_1 = k_1\,[A]\,[B]$ উপরোক্ত সমীকরণে,—[A] এবং [B] বিকারক পদার্থ A এবং B-র সক্রিয়ভরের সংকেত এবং k_1—**সমানুপাতিক ধ্রুবক বা নিত্যসংখ্যা** (constant)।

ক্রমভাবে ভরক্রিয়া সূত্র অনুযায়ী বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের পশ্চাদ্‌মুখী (ii) বিক্রিয়ার হার যদি হয় r_2, তবে $r_2 \propto [C]\,[D]$; অথবা $r_2 = k_2[C]\,[D]$

উপরোক্ত সমীকরণে—[C] এবং [D] বিক্রিয়াজাত পদার্থ C এবং D-র সক্রিয়-ভরের সংকেত এবং k_2 পশ্চাদ্‌মুখী বিক্রিয়ার হারের **সমানুপাতিক ধ্রুবক বা নিত্য-সংখ্যা** (constant)।

যেহেতু বিক্রিয়ার উভমুখী পদার্থে সম্মুখ এবং পশ্চাদ্‌মুখী বিক্রিয়ার মধ্যে প্রতি-সাম্যাবস্থা ঘটে, সুতরাং বলা যায় যে এরূপ অবস্থায় সম্মুখ এবং পশ্চাদ্‌মুখী বিক্রিয়া দুইটির **হার সমান হয়**। সুতরাং

$r_1 = r_2$; অর্থাৎ $k_1[A][B] = k_2[C][D]$

অথবা, $\frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{k_1}{k_2} = K$

যেহেতু k_1 এবং k_2 সংখ্যা দুইটি ধ্রুবক বা নিত্যসংখ্যা, সুতরাং K-ও একটি নিত্য-সংখ্যা।

তাই ভর-ক্রিয়া সূত্রের গাণিতিক সমীকরণ ঃ

$$\frac{[C][D]}{[A][B]} = K.$$

K-কে বলা হয় **প্রতি-সাম্য ধ্রুবক বা নিত্যসংখ্যা** (Equilibrium constant) অথবা **ভর-সূত্র ধ্রুবক** বা **নিত্য সংখ্যা** (Mass Law constant).

উপরোক্ত সমীকরণে—[A], [B] ইত্যাদি **মোলার** (molar) বা গ্রাম-আণবিক গাঢ়ত্ব ব্যক্ত করে। কিন্তু উভমুখী বিক্রিয়ায় যদি **একাধিক অণু** অংশ গ্রহণ করে, যথা ঃ $A + 2B \rightleftharpoons 2C + 3D$

তবে উপরোক্ত প্রতি-সাম্য ধ্রুবক বা নিত্য-সংখ্যার সমীকরণ হইবে নিম্নরূপ ঃ

$$\frac{[C]^2[D]^3}{[A][B]^2} = K$$

কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সমীকরণ যদি সাধারণভাবে লেখা যায় ঃ



$$xA + yB + \ldots \rightleftharpoons mC + nD + \ldots$$

তবে ভর-সাম্য ধ্রুবকের বা ভর ক্রিয়া সূত্রে সাধারণ সমীকরণ লেখা যায় ঃ

$$K = \frac{[C]^m[D]^n \ldots}{[A]^x[B]^y \ldots}$$

উপসিদ্ধান্ত ঃ $K = \frac{[C][D]}{[A][B]}$, এই সমীকরণ বিশ্লেষণে উভমুখী বিক্রিয়ার হারের উপরে বিকারক এবং বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের তুলনামূলক প্রভাব কিরূপ তাহা বোঝা যায়। যথা ঃ

(i) বিকারকের আণবিক গাঢ়ত্বের পরিমাণ বৃদ্ধি ঃ $A + B \rightleftharpoons C + D$ এই বিক্রিয়ায় বিকারক A-এর সক্রিয় ভর তথা আণবিক গাঢ়ত্বের পরিমাণ বৃদ্ধি করিলে, উপরের সমীকরণ পর্যালোচনায় দেখা যায় যে, নিত্য-সংখ্যা K-কে অপরিবর্তনীয় রাখার প্রয়োজনে B-র গাঢ়ত্ব হ্রাস পায় এবং C এবং D-এর গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি পায়।

অর্থাৎ কোন উভমুখী বিক্রিয়ার প্রতি-সাম্যাবস্থায় একটি বিকারকের (A) সক্রিয় ভর বা আণবিক গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করিলে অপর বিকারক (B)-র সক্রিয় ভর হ্রাস পায় এবং বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের (C ও D) সক্রিয়-ভর বা গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি পায়।

(ii) **বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের ... হ্রাস**ঃ বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের তাপমাত্রা এবং আয়তন পরিবর্তন না করিয়া ... বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ (C) বিক্রিয়ার প্রতি-সাম্যাবস্থাকালে যদি কোন উপায়ে অপসারিত করা যায়, তবে ধ্রুবক K-এর মাত্রা স্থির রাখার জন্য অপর বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ (D) এবং বিকারকের (A, B) আণবিক গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি পায়।

অর্থাৎ উভমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে যদি কোন উপায়ে কোন একটি বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ অপসারিত করা যায়, তবে বিক্রিয়ার সম্মুখ-গতির হার বৃদ্ধি পায় এবং বিক্রিয়া দ্রুত সম্মুখ অভিমুখে সম্পন্ন হয়।

12·9. রাসায়নিক প্রতি-সাম্যাবস্থার বৈশিষ্ট্যঃ কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায়, তাপমাত্রা যদি নির্দিষ্ট থাকে, তবে ইহার প্রতি-সাম্য ধ্রুবক বা নিত্যসংখ্যার (K) মূল্যায়ন নির্ভর করে,—(i) বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের আণবিক গাঢ়ত্ব; (ii) বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণকারী পদার্থের ভৌতিক ও রাসায়নিক প্রকৃতি এবং (iii) বিকারক বা বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ যদি গ্যাসীয় অবস্থায় বর্তমান থাকে, তবে ইহার চাপের উপরে। তাই, রাসায়নিক সাম্যের (K) তাৎপর্য বিশ্লেষণে সিদ্ধান্ত করা যায়ঃ

(ক) নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যে কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় উপাদানগুলির গাঢ়ত্ব অপরিবর্তিত থাকে তথা K-র মাত্রার কোন পরিবর্তন হয় না। তাপমাত্রার যদি পরিবর্তন ঘটে, তবে সাম্যাবস্থার পরিবর্তন ঘটে এবং তার ফলে K-র মাত্রারও পরিবর্তন ঘটে।

(খ) উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় সম্মুখ বা পশ্চাদ্মুখী বিক্রিয়া সমহারে ঘটিতে থাকে। অর্থাৎ $A+B \rightleftharpoons C+D$; সুতরাং A এবং B-র পরিবর্তে যদি C এবং D লইয়া বিক্রিয়া আরম্ভ করা যায়, তাহা হইলেও সমভাবেই উল্লিখিত বিক্রিয়া সাম্যাবস্থা লাভ করে। যথাঃ $C+D \rightleftharpoons A+B$

উদাহরণঃ H_2 এবং I_2, কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় মিশ্রিত করিলে HI গঠিত হয়। এরূপ বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থা তথা $H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI$,—এরূপ ক্ষেত্রে HI পাওয়া যায় 80% এবং (H_2+I_2) পাওয়া যায় 20%; কিন্তু সম-তাপমাত্রায় HI লইয়া যদি বিক্রিয়া শুরু করা হয় তবে এরূপ বিক্রিয়াও বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের সাম্যাবস্থার ক্ষেত্রে বিকারক (HI) পাওয়া যায় 80% এবং বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ (H_2+I_2) পাওয়া যায় 20%;

(গ) উভমুখী বিক্রিয়া কখনও সম্পূর্ণ হয় না, বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থরূপে বিক্রিয়ার উপাদানগুলি আংশিকভাবে বর্তমান থাকে।

(ঘ) উভমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে যদি বিক্রিয়ালব্ধ একটি পদার্থ অপসারিত করা যায়, তবে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ করা যায়। উদাহরণত, $CaCO_3 \rightleftharpoons CaO+CO_2\uparrow$; এই বিক্রিয়ায় যদি CO_2 গ্যাসরূপে নির্গত হইতে দেখা যায়, তবে তাপের সাহায্যে চুনাপাথর $(CaCO_3)$ ভাঙ্গার

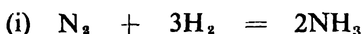
বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হয় এবং পাওয়া যায় চুন বা CaO ; [illegible] ক্ষেত্রে নির্গত CO_2 বিক্রিয়া চলাকালীন নির্গত হইয়া যায়।

12·10. প্রতি-সাম্যাবস্থার পরিবর্তন এবং লা শাটেলিয়ার প্রণীতি (Equilibrium Change and Le Ch[illegible] Principle) ঃ

তাপমাত্রা, চাপ, বিকারকের গাঢ়ত্ব ই[illegible]কটি শর্ত বা কারক যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রতি-সাম্যাবস্থার পরিবর্তনের [illegible] নির্ধারণ করে। এরূপ যেকোন কারক তথা তাপমাত্রা, চাপ বা বিকারকের গাঢ়ত্বের পরিবর্তন করা হইলে বিক্রিয়ার প্রতি-সাম্যাবস্থায় কিরূপ প্রতিক্রিয়া ঘটে, 1884 খৃষ্টাব্দে সে সম্বন্ধে একটি **প্রণীতি** (Principle) প্রকাশ করেন ফরাসী-বিজ্ঞানী **লা শাটেলিয়ার।**

• **লা শাটেলিয়ার প্রণীতি ঃ** প্রতি-সাম্যা[illegible]য় অবস্থিত কোন ভৌতিক বা রাসায়নিক ব্যবস্থার নিয়ামকরূপে তাপমাত্রা, চাপ বা ব[illegible]র উপা[illegible]র গাঢ়ত্ব ইত্যাদি কারকগুলির যে কোন একটির যদি পরিবর্তন ঘটে, তবে এরূপ ব[illegible]স্থার মধ্যে [illegible]মন প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি হয় যাহা কারকের প্রভাবকে প্রতিরোধ করে বা করিতে চেষ্টা [illegible]রে।

(a) **সাম্যাবস্থার উপরে চাপ পরিবর্তনের ফল ঃ** [illegible]কান একটি গ্যাসীয় ব্যবস্থার সাম্যাবস্থার স্থায়িত্ব নির্ভর করে ইহার নির্দিষ্ট চা[illegible]পরে। এরূপ ব্যবস্থার উপরে চাপ বৃদ্ধি করিলে চাপের প্রভাবকে প্রতিহত করার জন্য গ[illegible]টি সংকুচিত হয়,—অর্থাৎ ইহার আয়তন হ্রাস পায়। চাপ বৃদ্ধির ফলে কোন গ্যাসের আয়তন[illegible]মার জন্য,—অ্যাভোগাড্রোর সূত্র অনুযায়ী,—এরূপ গ্যাসের মধ্যে অণুর সংখ্যাও সমানুপাতে হ্রাস পায়। সুতরাং সাম্যাবস্থা ব্যাহত হইয়া উভমুখী বিক্রিয়াটি ঘটে সেই দিকে যেদিকে অণুর সংখ্যা হ্রা[illegible] পা[illegible]। উদাহরণ ঃ

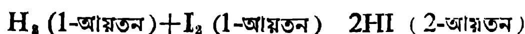


(i) $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$

1-আয়তন 3-আয়তন 2-আয়তন

[মোট অণুর সংখ্যা=4] [মোট অণুর সংখ্যা=2]

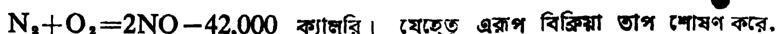
সুতরাং নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ার উপরে চাপ প্র[illegible]রিলে বিক্রিয়াটির গতি দেখা যায় অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া গঠনের দিকে।



H_2 (1-আয়তন)+I_2 (1-আয়তন) 2HI (2-আয়তন)

এরূপ বিক্রিয়ায় আয়তন বা অণুর সংখ্যার কোন পরিবর্তন ঘটে না। তাই, বিক্রিয়াটির উপরে চাপের বৃদ্ধির কোন প্রভাব পড়ে না।

(b) **সাম্যাবস্থার উপরে তাপমাত্রার পরিবর্তনের ফল ঃ** কোন একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার ক্ষেত্রে তাপ প্রয়োগ করিলে লা শাটেলিয়ার প্রণীতি অনুযায়ী বিক্রিয়ার ব্যবস্থাটি প্রযুক্ত তাপ অবলুপ্ত করার চেষ্টা করিবে। অর্থাৎ তাপ প্রয়োগের ফলে বিক্রিয়াটি যেদিকে ঘটিলে তাপ শোষিত হইবে, বিক্রিয়াটি ঘটিবে সেই দিকে। উদাহরণ ঃ



$N_2+O_2=2NO-42,000$ ক্যালরি। যেহেতু এরূপ বিক্রিয়া তাপ শোষণ করে, তাই অতিরিক্ত তাপ প্রয়োগের ফলে NO-এর উৎপাদনের মাত্রা বৃদ্ধি পাইবে।

পক্ষান্তরে, $N_2+3H_2=2NH_3$ ... 2,400 ক্যালরি।

সুতরাং এরূপ তাপ উৎপাদক বিক্রিয়ায় তাপ বৃদ্ধি করিলে NH_3-এর উৎপাদন হ্রাস পাইবে।

সুতরাং সাধারণভাবে বলা যায় যে, **তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে তাপগ্রাহী (endothermic) বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি পায়,—প... পদায়ী (exothermic) বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার গতি হ্রাস পায়।**

(c) **বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে উপাদানের ঘনত্ব বৃদ্ধির ফল ঃ** একটি বিক্রিয়ার প্রতি-সাম্যাবস্থায় যদি বিকারক বা বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের যে কোন একটির উপাদান বৃদ্ধি করা হয়, তবে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী উপাদানের পারস্পরিক গাঢ়ত্বে এমন ভাবে পরিবর্তন ঘটে যার ফলে সাম্য ধ্রুবক (Equilibrium constant) K-এর মাত্রা অপরিবর্তিত বা নিত্য অবস্থায় থাকে। যথা ঃ

$K=\dfrac{[C]\,[D]}{[A]\,[B]}$,—এরূপ ... সাম্যাব... সমীকরণের [C] বা [D] অথবা যেকোন উপাদানের গাঢ়ত্ব, অতিরিক্ত কোন বিকারক ... করার ফলে যদি বৃদ্ধি পায়, তবে K-এর নিত্যতার মাত্রা রক্ষা করার জন্য [A], [B] এবং [D] বা [C] পারস্পরিক গাঢ়ত্ব হ্রাস পায়। উদাহরণ ঃ

$PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3+Cl_2$—এরূপ সাম্যাবস্থিত বিক্রিয়ায় যদি বাহির হইতে অতিরিক্ত Cl_2 যোগ করা হয়, তবে ক্লো... র আংশিক চাপ (P_{Cl_2}) বৃদ্ধি পাইবে। এরূপ চাপের বৃদ্ধি প্রতিহত করার জন্য PCl_5-এর উৎপাদন বৃদ্ধি পাইবে। কারণ K-এর নিত্যতার মাত্রা অক্ষুণ্ণ রাখার জন্য PCl_5-এর এরূপ অতিরিক্ত উৎপাদন প্রয়োজন। অর্থাৎ অতিরিক্ত Cl_2 যোগ করিলে PCl_5-এর বি...য়োজন মাত্রা হ্রাস পাইবে।

লা শাটেলিয়ার প্রণীতির প্রয়োগ বিধি সম্বন্ধে সূত্রাকারে বলা যায় ঃ

(ক) তাপদায়ী (exothermic) বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে তাপমাত্রা হ্রাস করা হইলে অর্থাৎ বিক্রিয়ার ব্যবস্থাটি ...হা করিলে বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের উৎপাদন বৃদ্ধি পায়।

(খ) তাপগ্রাহী (endothermic) বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে তাপমাত্রা বৃদ্ধি করা হইলে বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের উৎপাদন ...পায়।

(গ) যে গ্যাসীয় পদার্থের বিক্রিয়ার বিক্রিয়ালব্ধ গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন বৃদ্ধি পায় সেরূপ ক্ষেত্রে চাপ হ্রাস করিলে বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের উৎপাদন বৃদ্ধি পায়।

(ঘ) যে গ্যাসীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন হ্রাস পায়, সেরূপ ক্ষেত্রে বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের উৎপাদন বৃদ্ধি পায় চাপ বৃদ্ধির ফলে।

12·11. লা শাটেলিয়ার প্রণীতির বাণিজ্যিক প্রয়োগ ক্ষেত্র ঃ লা শাটেলিয়ার প্রণীতি ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তনের উভয় প্রকার সম-স্থিতাবস্থার ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।

1. **দ্রবণের উপরে চাপের প্রভাব** (Effect of pressure on solubility) ঃ মনে কর, একটি গ্যাস একটি দ্রাবকে দ্রবীভূত আছে এবং গ্যাসটি দ্রবণের সহিত প্রতি-সাম্যাবস্থা বা সমস্থিতাবস্থায় আছে। এরূপ অবস্থায় যদি গ্যাসের উপর চাপ বৃদ্ধি করা হয় তাহা হইলে

গ্যাসের আয়তন হ্রাস পাইবে। ফলে, এইরূপ প্রতি... বিপরীত প্রতিক্রিয়া ঘটিবে, অর্থাৎ চাপ বৃদ্ধির ফলে গ্যাসের দ্রবণীয়তা বৃদ্ধি পাইবে।

2. **দ্রবণের উপরে তাপমাত্রার প্রভাব** (Effect of temperature on solubility) ঃ মনে কর, একটি সম্পৃক্ত দ্রবণে পটাসিয়াম নাইট্রেট ও ইহার জলীয় দ্রবণ সমস্থিতাবস্থায় রহিয়াছে। অর্থাৎ, ... কঠিন পটাসিয়াম নাইট্রেট অদ্রবণীয় অবস্থায় সম্পৃক্ত দ্রবণের তলায় স্থিতাবস্থায় থিতান রহিয়াছে। পটাসিয়াম নাইট্রেট তাপ আহরণ করিয়া জলে দ্রবীভূত হয়। সুতরাং যদি দ্রবণের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করা হয়, তাহা হইলে এই প্রতিবাধার প্রয়োগের ফলে দ্রাব ও দ্রবণের সম-স্থিতিস্থাপকতা বিঘ্নিত হয় এবং তাপ-বৃদ্ধির প্রভাব নিষ্ক্রিয় হয়। ইহার ফলে জলে আরও পটাসিয়াম নাইট্রেট দ্রবীভূত হয়।

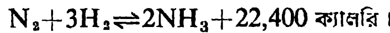
• কিন্তু ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড বা ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট জলে দ্রবীভূত হওয়ার সময়ে তাপ উদ্গীর্ণ করে। ফলে, তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে এই পদার্থের দ্রবণীয়তা হ্রাস পায়।

3. **বরফের গলনাংকের উপরে চাপের প্রভাব** (Effect of pressure on m.p. of ice) ঃ মনে কর, একটি বীকারের জলে একখণ্ড বরফ ভাসান হইল। বরফ ও জল-সহ এই বীকারটি একটি সিলিণ্ডারের মধ্যে রাখিয়া পিস্টনের সাহায্যে বীকারের জল ও বরফের উপরে চাপ সৃষ্টি করা হইল। এরূপ চাপ সৃষ্টির ফলে বরফের আয়তন হ্রাসের দিকে প্রতিবাধার সৃষ্টি হইবে। সুতরাং এই প্রতিবাধাকে নি... করার জন্য বরফের গলনাংক হ্রাস পাইবে এবং কিছুটা বরফ জলে পরিণত হইবে।

উপরের তিনটি উদাহরণ ভৌত পরিবর্তনের ক্ষেত্রে লা শাটেলিয়ার নীতি প্রয়োগের উদাহরণ।

চাপ ও তাপমাত্রা এবং আণবিক গাঢ়ত্ব রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে রাসায়নিক প্রতি-সাম্যাবস্থা বা সম-স্থিতাবস্থার পরিবর্তন কিরূপ প্রভাব বিস্তার ঘটে নিম্নে তাহার উদাহরণ দেওয়া হইল।

(a) **হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া উৎপাদন** ঃ এই পদ্ধতিতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন তাপোদ্ভাবক বিক্রিয়া ঘটাইয়া প্রাথমিক পর্যায়ে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। কিন্তু কিছুক্ষণ পরেই ইহা প্রতিমুখী বিক্রিয়ায় পরিণত হয় এবং এরূপ অবস্থায় রাসায়নিক সম-স্থিতাবস্থা ঘটে (chemical equilibrium) ; বিক্রিয়া ঃ



$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 22{,}400 \text{ ক্যালরি।}$$

(i) **তাপমাত্রা বা উষ্ণতার প্রভাব** (Effect of temperature) ঃ এরূপ বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা হ্রাস করা হইলে প্রতিবাধা নিষ্ক্রিয় হয় এবং সম্মুখী বিক্রিয়া (direct reaction) কার্যকরী হয়। ইহার ফলে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বৃদ্ধি পায়। কিন্তু তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে তাপ-অভাবক (endothermic) বিক্রিয়া ঘটে, প্রতিমুখী বিক্রিয়ার বেগ বৃদ্ধি পায় এবং উৎপন্ন অ্যামোনিয়া পুনরায় নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনে পরিণত হয়।

(ii) **চাপের প্রভাব** (Effect of pressure) ঃ উক্ত বিক্রিয়ায়—1-আয়তনের নাইট্রোজেন এবং 3-আয়তনের হাইড্রোজেন বিক্রিয়া ঘটাইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে 2-আয়তন

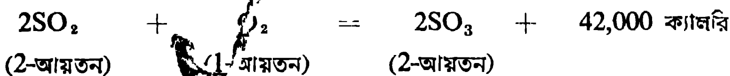
অর্থাৎ, আয়তন হ্রাস পায়। বিক্রিয়া যথা, N_2 (1-আয়তন) $+ 3H_2$ (3-আয়তন) $\rightleftharpoons 2NH_3$ (2-আয়তন)।

সুতরাং বিক্রিয়ার এরূপ সম-স্থিতাবস্থার ক্ষেত্রে চাপ বৃদ্ধি করিলে বিক্রিয়ার বেগ আয়তন হ্রাসের দিকে সক্রিয় হয়, অর্থাৎ, সম-স্থিতাবস্থার উপরে প্রতিবাধা নিষ্ক্রিয় হয় বলিয়া অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বৃদ্ধি পায়।

(iii) **বিকারকের আণবিক গাঢ়ত্বের প্রভাব** (Effects of molecular concentration)ঃ বিকারকের আণবিক গাঢ়ত্ব হ্রাস করিলে লা শাটেলিয়ার প্রণীতি অনুযায়ী বিক্রিয়ার গতি সেই দিকে সক্রিয় হয় যাহার ফলে বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের আণবিক গাঢ়ত্ব হ্রাস পায়। সুতরাং হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের আণবিক গাঢ়ত্ব বৃদ্ধির ফলে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বৃদ্ধি পায়। বিক্রিয়াঃ 1 গ্রাম-অণু নাইট্রোজেন $+3$ গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন $\rightarrow$ 2 গ্রাম-অণু অ্যামোনিয়াতে ($2NH_3$) পরিবর্তিত হয়।

সুতরাং দেখা যায় যে, বিক্রিয়া সম-স্থিতাবস্থায় পৌঁছিলে তাপমাত্রা হ্রাস এবং চাপ ও বিকারকের আণবিক গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করিবার ফলে $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$-এরূপ প্রতিমুখী বিক্রিয়া প্রায় সম্মুখী বিক্রিয়াঃ $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$তে পরিবর্তিত হয়। বাণিজ্যিক ভিত্তিতে অ্যামোনিয়া উৎপাদনের হেবার পদ্ধতি লা শাটেলিয়ার প্রণীতি'র উৎকৃষ্টতম উদাহরণ।

(b) **সংযোগ পদ্ধতিতে সালফার ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুতি** (Contact process of preparing sulphur trioxide)ঃ



$$2SO_2 \quad + \quad O_2 \quad = \quad 2SO_3 \quad + \quad 42{,}000 \text{ ক্যালরি}$$

(2-আয়তন) (1-আয়তন) (2-আয়তন)

এই তাপ-উদ্ভাবক বিক্রিয়ায় পূর্বোক্ত অ্যামোনিয়া গঠনের বিক্রিয়ার ন্যায় আয়তন হ্রাস পায়। [$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$]। সুতরাং উপরের অ্যামোনিয়া গঠনের নিম্নরূপ যুক্তি প্রয়োগ করিয়া এই সিদ্ধান্ত করা যায়,—

(i) তাপমাত্রা হ্রাস, (ii) চাপ বৃদ্ধি এবং (iii) অক্সিজেন ও সালফার ডাই-অক্সাইডের আণবিক গাঢ়ত্ব তথা পরিমাণ বৃদ্ধি করিয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডের উৎপাদন বৃদ্ধি করা যায়। সংযোগ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করার জন্য এরূপ ব্যবস্থা করা হয়।

প্রশ্ন

1. উভমুখী বা প্রতিমুখী বিক্রিয়ার তিনটি উদাহরণ দাও এবং এরূপ বিক্রিয়া বিশ্লেষণ করিয়া রাসায়নিক সম-স্থিরাবস্থার (chemical equilibrium) সংজ্ঞা লিখ।

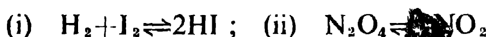
2. ভর-ক্রিয়া সূত্রটির (Mass action law) সংজ্ঞা নির্দেশ কর। সক্রিয় ভর (Active mass) কি? আণবিক গাঢ়ত্ব (molecular concentration) বলিতে কি বোঝ? দুইটি উদাহরণ দাও। ভর-ক্রিয়া সূত্রের সমীকরণ নির্ধারণ কর।

3. লা শাটেলিয়ার প্রণীতির (Principle) সংক্ষেপে লিখ। ভর ক্রিয়া সূত্রের নিত্যসংখ্যার মূল্যায়ন কোন্ কোন্ প্রভাবকের উপরে নির্ভর করে ?

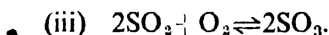
4. (i) অধিকতর পটাসিয়াম নাইট্রেট দ্রবীভূত করার জন্য, (ii) অ্যামোনিয়া উৎপাদন এবং (iii) সংযোগ পদ্ধতিতে সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপাদনের ক্ষেত্রে লা শাটেলিয়ার প্রণীতি কিভাবে প্রযোজ্য হয় তাহা ব্যাখ্যা কর।

5. রাসায়নিক প্রতি-সাম্যাবস্থা বলিতে কি বোঝ ? এরূপ অবস্থায় বিক্রিয়ার কি কি বৈশিষ্ট দেখা যায় ? উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থা কি কি কারণে পরিবর্তিত করা যায় ?

6. নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার উপরে চাপ বৃদ্ধির ফল ব্যাখ্যা কর ঃ



(i) $H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI$; (ii) $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$



(iii) $2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$.

13

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি

(Acidimetry and Alkalimetry)

জ্ঞাত মাত্রার অ্যাসিডের সাহায্যে অজ্ঞাত মাত্রার ক্ষার বা ক্ষারককে প্রশমিত করিয়া ক্ষার বা ক্ষারকের মাত্রা বা শক্তি নির্ণয় করা যায়। অনুরূপ ভাবে জ্ঞাত মাত্রার ক্ষার বা ক্ষারকের সাহায্যে অজ্ঞাত মাত্রার অ্যাসিডের শক্তি নির্ণয় করা যায়। এরূপ অ্যাসিড-ক্ষার প্রশমন ক্রিয়ার সাহায্যে অ্যাসিড বা ক্ষারের শক্তি নির্ণয়ের পদ্ধতিকে বলা হয় অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি।

এরূপ প্রশমন ক্রিয়ার পদ্ধতি অনুধাবনের জন্য অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণের তুল্যাংক এবং বিভিন্ন অ্যাসিড ও ক্ষার দ্রবণের সংজ্ঞা জানা প্রয়োজন।

13·1. অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণের তুল্যাংক (Eq. weight of Acids, Bases, and Salts) :

(a) **অ্যাসিডের তুল্যাংক ও গ্রাম-তুল্যাংক** (Equivalent weight and gram-equivalent weight of an acid) : যত ভাগ ওজনের অ্যাসিডের মধ্যে একভাগ ওজনের প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন পাওয়া যায় অ্যাসিডের তত ভাগ ওজনসংখ্যাকে সেই অ্যাসিডের তুল্যাংক বলা হয়। অর্থাৎ, যত গ্রাম অ্যাসিডে 1 গ্রাম (সঠিক 1·008 গ্রাম) প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন থাকে তত গ্রাম অ্যাসিডকে বলা হয় **অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাংক।** 36·5 HCl (1+35·5)-এ আছে প্রতিস্থাপনযোগ্য 1 গ্রাম হাইড্রোজেন; 98 গ্রাম H_2SO_4 (2+32+64)-এ আছে প্রতিস্থাপনযোগ্য 2 গ্রাম হাইড্রোজেন।

∴ 49 গ্রাম H_2SO_4-এ আছে প্রতিস্থাপনযোগ্য 1 গ্রাম হাইড্রোজেন

63 গ্রাম HNO_3 (1+4+48)-এ আছে প্রতিস্থাপনযোগ্য 1 গ্রাম হাইড্রোজেন

সুতরাং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের গ্রাম তুল্যাংক = 36·5 গ্রাম

সালফিউরিক অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাংক = 49 গ্রাম

নাইট্রিক অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাংক = 63 গ্রাম

প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেনের সংখ্যা দ্বারা অ্যাসিডের **ক্ষারগ্রাহিতা** (basicity of acid) নির্ণয় করা যায়। সুতরাং সংকেতের ভাষায় অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাংক লেখা যায় :

$$\text{অ্যাসিডের গ্রাম তুল্যাংক} = \frac{\text{অ্যাসিডের গ্রাম-আণবিক ওজন}}{\text{অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা}}$$

$$HCl\text{-এর গ্রাম-তুল্যাংক} = \frac{1+35\cdot5}{1} = 36\cdot5 \text{ গ্রাম}$$

$$HNO_3\text{-এর গ্রাম-তুল্যাংক} = \frac{1+14+48}{1} = 63 \text{ গ্রাম}$$

$$H_2SO_4\text{-এর গ্রাম-তুল্যাংক} = \frac{2+32+64}{2} = 49 \text{ গ্রাম}$$

(b) **ক্ষারের তুল্যাংক ও গ্রাম-তুল্যাংক** (Equivalent weight and gram-equivalent weight of a base)ঃ

যতভাগ ওজনের ক্ষার এক তুল্যাংক পরিমাণ অ্যাসিডকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতে পারে তত ভাগ ওজনকে বলা হয় ক্ষারের তুল্যাংক। অর্থাৎ 1 গ্রাম-তুল্যাংক পরিমাণ অ্যাসিডকে যত গ্রাম ক্ষার সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করে তত গ্রাম ওজনকে বলা হয় ক্ষারের গ্রাম-তুল্যাংক।

অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রশমন ক্রিয়ায় একটি হাইড্রোজেন (H) পরমাণু একটি হাইড্রক্সিল (OH) মূলকের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায়। [$H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O$]। সুতরাং ক্ষারে কয়টি OH-মূলক বর্তমান তাহার সংখ্যা দ্বারা ক্ষারের গ্রাম আণবিক ওজন ভাগ করিয়া ক্ষারের গ্রাম-তুল্যাংক নির্ণয় করা যায়। অর্থাৎ,

$$\text{ক্ষারের গ্রাম-তুল্যাংক} = \frac{\text{ক্ষারের গ্রাম আণবিক ওজন}}{\text{হাইড্রক্সিল মূলকের সংখ্যা}} = \frac{\text{ক্ষারের গ্রাম আণবিক ওজন}}{\text{ক্ষারের অ্যাসিডগ্রাহিতা}}$$

যদি ক্ষারক অক্সাইড জাতীয় হয় তবে প্রশমন ক্রিয়ায় একটি অক্সিজেন পরমাণুর জন্য দুইটি H-পরমাণুর প্রয়োজন। যথাঃ $MgO + 2HCl = MgCl_2 + H_2O$; সুতরাং অক্সাইড জাতীয় ক্ষারের প্রতিটি প্রশমন ক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী O-পরমাণুর জন্য ক্ষারকের অ্যাসিড-গ্রাহিতা হইবে **দুই**। কস্টিক সোডাতে (NaOH) OH-মূলকের সংখ্যা 1 ; সুতরাং NaOH-এর গ্রাম-তুল্যাংক $= \frac{23+16+1}{1} = 40$ গ্রাম কস্টিক পটাশে (KOH)-এর OH-মূলকের সংখ্যা 1 ;

সুতরাং KOH-এর গ্রাম তুল্যাংক $= \frac{39+16+1}{1}$ 56 ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডে OH-মূলকের সংখ্যা 2, সুতরাং $Ca(OH)_2$-এর গ্রাম তুল্যাংক $= \frac{40+32+2}{}$ $= 37$ গ্রাম ; CaO-এর গ্রাম তুল্যাংক $= \frac{40+16}{} = 28$; Fe... র গ্রাম তুল্যাংক $= \frac{111 \cdot 70 + 48}{} = 26 \cdot 6$;

(c) **লবণের তুল্যাংক ও গ্রাম-তুল্যাংক** (Equivalent wt. and gram-equivalent wt. of salt)ঃ যত ভাগ ওজনের লবণে হাইড্রোজেনের সমতুল্যাংক পরিমাণের ধাতু পাওয়া যায় সেই ওজন সংখ্যাকে লবণের তুল্যাংক বলা হয়। অর্থাৎ যত গ্রাম লবণে এক গ্রাম-তুল্যাংক পরিমাণ (হাইড্রোজেনের সমতুল্যাংক) ধাতু পাওয়া যায় তত গ্রাম ওজনকে **লবণের গ্রামতুল্যাংক বলা হয়।** সুতরাং

$$\text{একটি ধাতুর গ্রাম-তুল্যাংক} = \frac{\text{ধাতুর গ্রাম-আণবিক ওজন}}{\text{ধাতুর যোজ্যতা}}$$

সেইরূপ, লবণের গ্রাম-তুল্যাংক $=$ যাহ $\dfrac{\text{লবণের গ্রাম-আণবিক ওজন}}{\text{…এ অবস্থিত ধাতুর সমগ্র যোজ্যতা}}$

$= \dfrac{\text{লবণের গ্রাম-আণবিক ওজন}}{\text{ধাতুর পরমাণুর সংখ্যা} \times \text{যোজ্যতা}}$

সোডিয়াম কার্বনেটের (Na_2CO_3) গ্রাম-তুল্যাংক

$= \dfrac{23 \times 2 + 12 + 16 \times 3}{2 \times 1} = \dfrac{106}{2} = 53$ গ্রাম

ক্যালসিয়াম কার্বনেটের ($CaCO_3$) গ্রাম-তুল্যাংক

$= \dfrac{40 + 12 + 16 \times 3}{1 \times 2} = \dfrac{100}{2} = 50$ গ্রাম

সিলভার নাইট্রেটের ($AgNO_3$) গ্রাম-তুল্যাংক

$= \dfrac{108 + 14 + 16 \times 3}{1 \times 1} = 170$ গ্রাম

কপার সালফেটের ($CuSO_4, 5H_2O$) গ্রাম-তুল্যাংক।

$= \dfrac{63{\cdot}5 + 32 + 16 \times 4 + 5 \times 18}{1 \times 2} = \dfrac{249{\cdot}5}{2} = 124{\cdot}75$ গ্রাম

ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের (MgO) গ্রাম-তুল্যাংক

$= \dfrac{24 + 16}{1 \times 2} = \dfrac{40}{2} = 20$ গ্রাম।

13·2 প্রমাণ দ্রবণ (Standard Solution) :

(i) **নর্ম্যাল দ্রবণ** (Normal solution) : **এক গ্রাম-তুল্যাংক পরিমাণ কোন পদার্থ জলে দ্রবীভূত করিয়া 1000 ml. তথা 1 লিটার দ্রবণ তৈরী করা হইলে সেই দ্রবণকে নর্ম্যাল দ্রবণ বলা হয়।**

নর্ম্যাল দ্রবণ লেখা হয় (N) এই চিহ্ন দ্বারা। $(N)H_2SO_4$, $(N)NaOH$—ইহার অর্থ সালফিউরিক ও কস্টিক সোডার নর্ম্যাল দ্রবণ।

নর্ম্যাল দ্রবণের সংজ্ঞা অনুযায়ী :

1000 ml $(N)H_2SO_4$ দ্রবণে থাকে..49 গ্রাম H_2SO_4
1000 ml $(N)Na_2CO_3$ দ্রবণে....53 গ্রাম Na_2CO_3
1000 ml $(N)CuSO_4, 5H_2O$..124·75 গ্রাম $CuSO_4, 5H_2O$
1000 ml $(N)HCl$ দ্রবণে থাকে 36·5 গ্রাম HCl
1000 ml $(N)NaOH$......40 গ্রাম $NaOH$
1000 ml $(N)KOH$......56 গ্রাম KOH
1000 ml $(N)Ca(OH)_2$......37 গ্রাম $Ca(OH)_2$

(ii) **আণব দ্রবণ** (Molar solution) : গ্রাম-তুল্যাংকের পরিবর্তে গ্রাম-আণবিক ওজনের দ্রবণের মাত্রার পরিচয় দেওয়া যায়।

1000 ml. **দ্রবণে যদি এক গ্রাম-আণবিক ওজনের কোন পদার্থ দ্রবীভূত থাকে সেই দ্রবণকে আণব দ্রবণ বলা হয়।**

H_2SO_4 এর আণব দ্রবণে 1000 ml.তে H_2SO_4 থাকে 98 গ্রাম
কিন্তু H_2SO_4 এর নর্ম্যাল দ্রবণে „ „ „ H_2SO_4 থাকে 49 গ্রাম
HCl-এর আণব দ্রবণে „ „ „ HCl থাকে 36·5 গ্রাম
এবং HCl-এর নর্ম্যাল দ্রবণেও „ „ „ HCl থাকে 36·5 গ্রাম

যদি কোন যৌগের গ্রাম-আণবিক ওজন ও গ্রাম-তুল্যাংক এক হয় তবে আণব দ্রবণ ও নর্ম্যাল দ্রবণের মাত্রা বা শক্তিও (strength) **হয় এক রকম।**

(iii) **ফর্ম্যাল দ্রবণ** (Formal Solution) :

কোন পদার্থের সংকেত-ওজন (Formula weight) যত, তত গ্রাম পরিমাণ উহা যদি এক লিটার জলে কার্যকরীভাবে (in actuality) দ্রবীভূত থাকে, তবে সেই দ্রবণকে ফর্ম্যাল দ্রবণ বলা হয়। সাধারণভাবে, বস্তুর আণবিক ওজন ও সংকেত-ওজন একই। সুতরাং মোলার দ্রবণ (Molar solution) ও ফর্ম্যাল দ্রবণের মধ্যে বস্তুটির মাত্রার সমতা থাকা উচিত। অর্থাৎ, এক গ্রাম আণবিক পরিমাণ কোন বস্তুকে 1 লিটার জলে দ্রবীভূত করিলে ঐ দ্রবণের মাত্রা নীতিগত ভাবে এক মোলার (1M) হওয়া উচিত। কিন্তু দ্রবণের মধ্যে (বা বাহ্যিক) অনেক ক্ষেত্রে পার্শ্ব-বিক্রিয়ার (side reaction) জন্য দ্রবণে দ্রাব্য বস্তুর মাত্রা সাধারণতঃ কিছু কম হয়। দ্রবণের মধ্যে দ্রাব্য বস্তুর যে যে মাত্রা বাস্তবে পরিলক্ষিত হয়, তাহাই ফর্ম্যাল-মাত্রা (formal strength)।

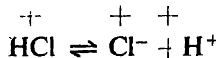
13·3. **অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি** (Acidimetry and Alkalimetry) :

প্রশমন ক্রিয়া (Nautralisation) **: অ্যাসিড দ্বারা ক্ষারকে অথবা ক্ষার দ্বারা অ্যাসিডকে প্রশমিত বা নিরপেক্ষ তথা লবণ ও জলে পরিণত করার বিক্রিয়াকে বলা হয় প্রশমন। এরূপ প্রশমন বিক্রিয়ার রাসায়নিক অর্থ অ্যাসিডের হাইড্রোজেনের** (H) **সঙ্গে ক্ষারকের বা ক্ষারের অক্সিজেন** (O) **বা হাইড্রক্সিল মূলকের সংযোগে লবণ ও জল গঠন।**

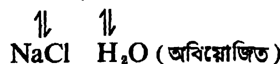
প্রশমন বিক্রিয়ার আয়নীয় সংজ্ঞা (Ionic definition of neutralisation) **: আয়নীয় তত্ত্ব** (Ionic theory) **অনুযায়ী অ্যাসিডের হাইড্রোজেন আয়নের** (H^+) **সঙ্গে ক্ষারের হাইড্রক্সিল আয়নের** (OH^+) **সংযোগে** (H_2O) **অবিয়োজিত** (undissociated) **অণু গঠন পদ্ধতিকে প্রশমন ক্রিয়া বলা হয়।**

যথা : (i) $NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$

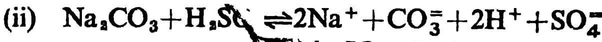


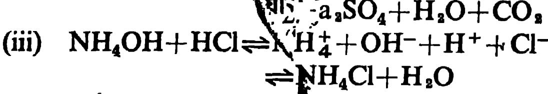


$HCl \rightleftharpoons Cl^- + H^+$



NaCl H_2O (অবিয়োজিত)


(ii) $Na_2CO_3+H_2SO_4 \rightleftharpoons 2Na^+ + CO_3^{=} + 2H^+ + SO_4^{=}$


$\rightleftharpoons Na_2SO_4+H_2O+CO_2$

(iii) $NH_4OH+HCl \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^- + H^+ + Cl^-$

$\rightleftharpoons NH_4Cl+H_2O$

অম্লমিতি (Acidimetry) **: যথাযোগ্য নির্দেশকের** (indicator) **উপস্থিতিতে যে পদ্ধতিতে জ্ঞাত শক্তি বা মাত্রার অ্যাসিড দ্বারা অজ্ঞাত মাত্রার ক্ষারকে প্রশমিত করিয়া সেই ক্ষারের মাত্রা বা শক্তি নির্ণয় করা যায়, তাহাকে বলা হয় অম্লমিতি।**

ক্ষারমিতি (Alkalimetry) **: যথাযোগ্য নির্দেশকের** (indicator) **উপস্থিতিতে যে-পদ্ধতিতে জ্ঞাত মাত্রা বা শক্তির ক্ষার দ্বারা অজ্ঞাত মাত্রার অ্যাসিডকে প্রশমিত করিয়া সেই অ্যাসিডের মাত্রা বা শক্তি নির্ণয় করা যায়, তাহাকে বলা হয় ক্ষারমিতি** (alkalimetry) **।**

(**বি.দ্র.** : অ্যানালিটিক্যাল কেমিস্ট্রির বিশিষ্ট বিজ্ঞানী ভোগেল (Vogel) উল্লিখিত সংজ্ঞার সমর্থক কিন্তু অনেক ব্যবহারিক রসায়নে ইহার ঠিক বিপরীত সংজ্ঞাও দেখা যায়।)

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতির পদ্ধতি : অম্লমিতি ও ক্ষারমিতির সাহায্যে অজ্ঞাত ক্ষার বা অ্যাসিডের মাত্রা নির্ণয়ের জন্য জানা প্রয়োজন :

প্রথমত, অ্যাসিডের অথবা ক্ষারের অজ্ঞাত মাত্রা নির্ণয়ের জন্য প্রয়োজন ক্ষার অথবা অ্যাসিডের একটি জ্ঞাতমাত্রার দ্রবণ (solution of known strength)। দ্বিতীয়ত, কিভাবে অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রশমন-ক্রিয়া সম্পন্ন করা যায় সেই প্রণালী বা টাইট্রেশন (tritration) পদ্ধতি। তৃতীয়ত, প্রশমন ক্রিয়ায় ঠিক কোন্ মুহূর্তে অ্যাসিড ও ক্ষার প্রশমন সম্পূর্ণ হয় তাহার সংকেত বা নির্দেশ (indication)।

1. **টাইট্রেশন** (titration) **: যে প্রণালীতে অ্যাসিড ও ক্ষার প্রশমিত করা হয়, তাহাকে বলা হয় টাইট্রেশন।** সাধারণত অ্যাসিড ব্যুরেটে রাখিয়া এবং ক্ষার বিকার বা কোণাকার ফ্লাস্কে রাখিয়া ধীরে ধীরে অ্যাসিড ও ক্ষার মিশ্রিত করিয়া নির্দেশকের সাহায্যে যে প্রশমন বিক্রিয়া সম্পন্ন করা হয় তাহাই টাইট্রেশন।

2. **নির্দেশক** (indicator) **: যে-পদার্থ দ্রবণের বর্ণ পরিবর্তন করিয়া প্রশমণ ক্রিয়ার সম্পূর্ণতা নির্দেশ করে তাহাকে বলা হয় নির্দেশক।** যে পদার্থের বর্ণ অ্যাসিডের সংস্পর্শে এক রকম, ক্ষারের সংস্পর্শে আর একরকম এবং লবণ ও জল অর্থাৎ অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রশমনে উৎপন্ন পদার্থের সংস্পর্শে অন্যরকম তাহাকেই বলা হয় নির্দেশক। লিটমাস দ্রবণ অ্যাসিডের সংস্পর্শে লাল, ক্ষারের সংস্পর্শে নীল এবং লবণ-জলের সংস্পর্শে বেগুনী হয়।

3. **প্রমাণ দ্রবণ** (Standard solution) **: অ্যাসিড বা ক্ষারের অজ্ঞাতমাত্রা নির্ণয়ের জন্য ক্ষার বা অ্যাসিড—এরূপ দ্রবণ দুইটির মধ্যে একটির মাত্রা বা শক্তি** (strength)

জানা থাকা প্রয়োজন। **জ্ঞাতমাত্রায় অ্যাসিড, ক্ষার বা লবণের দ্রবণকে বলা হয় প্রমাণ দ্রবণ**। 5% NaOH দ্রবণ, ইহা কস্টিক সোডার একটি প্রমাণ দ্রবণ। 10% HCl ও 15% Na_2CO_3 দ্রবণ—ইহাও প্রমাণ দ্রবণের উদাহরণ। নর্ম্যাল, ডেসিনর্ম্যাল, সেমিনর্ম্যাল দ্রবণ প্রমাণ দ্রবণের উদাহরণ।

13·4. নির্দেশকের বৈশিষ্ট্য ঃ

নির্দেশক জৈব যৌগ বিশেষ। প্রশমন বিক্রিয়ায় ইহাদের বর্ণ পরিবর্তিত হয়।

নির্দেশক	বর্ণ		
	প্রশম দ্রবণে	অ্যাসিড দ্রবণে	ক্ষার দ্রবণে
1. লিটমাস	বেগুনী	লাল	নীল
2. মিথাইল অরেঞ্জ	কমলা	লাল বা লালাভ (pink)	হলুদ
3. ফিনপথ্যালিন	বর্ণহীন	বর্ণহীন	লাল বা লালাভ (pink)

সতর্কতা ঃ যে প্রশমন বিক্রিয়ায় কার্বন ডাইঅক্সাইড (CO_2) নির্গত হয় সেরূপ ক্ষেত্রে লিটমাস নির্দেশক ব্যবহার করা হয় না। এরূপ ক্ষেত্রে মিথাইল অরেঞ্জ ব্যবহার করা হয়। প্রশমন বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া (NH_3) নির্গত হইলে ফিনপথ্যা[illegible] ব্যবহার করা হয় না।

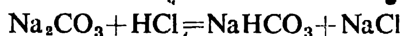
কোন্ ক্ষেত্রে কিরূপ নির্দেশক ব্যবহার করা প্রয়োজন তাহা অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। অ্যাসেটিক অ্যাসিড, অক্‌জালিক অ্যাসিড, ইত্যাদি জৈব অ্যাসিড **মৃদু অ্যাসিড** কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক, সালফিউরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিড (HCl, H_2SO_4, HNO_3) ইত্যাদি অজৈব অ্যাসিড **তীব্র অ্যাসিড**; অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH) **মৃদু ক্ষার**, কিন্তু সোডিয়াম ও পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড (NaOH ও KOH) **তীব্র ক্ষার**। বিভিন্ন অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রশমন ক্রিয়ায় নির্দেশক ব্যবহারের নীতি ঃ

টাইট্রেশন (Titration)	উপযোগী নির্দেশক (Indicator)
(i) তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষার	যে-কোন নির্দেশক
(ii) তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষার	মিথাইল অরেঞ্জ (methyl orange)
(iii) মৃদু অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষার	ফিনপথ্যালিন (phenolphthalein)
(iv) মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষার	টাইট্রেশন করা চলে না

সোডিয়াম কার্বনেট প্রশমনে ফিনপথ্যালিন নির্দেশকের ব্যবহারের সতর্কতা (Use of phenolphthalein in sodium carbonate-neutralisation) ঃ

তীব্র অ্যাসিড এবং সোডিয়াম কার্বনেটের প্রশমন ক্রিয়ায় ফিনপথ্যালিন নির্দেশকের ব্যবহার করিলে একথা স্মরণ রাখা প্রয়োজন যে ফিনপথ্যালিন নির্দেশক শুধু অর্ধেক পরিমাণ সোডিয়াম

কার্বনেটের প্রশমন ক্রিয়া নির্দেশ করে। কারণ, এইরূপ প্রশমন ক্রিয়ায় প্রথম পর্যায়ে সোডিয়াম কার্বনেট রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সোডিয়াম বাই-কার্বনেট গঠন করে। যথা :



$$Na_2CO_3 + HCl = NaHCO_3 + NaCl$$

এই সোডিয়াম বাইকার্বনেট ($NaHCO_3$) ফিনপথ্যালিনের সংস্পর্শে ক্ষারীয় নয় বলিয়া ইহার সংস্পর্শে সোডিয়াম বাইকার্বনেট মিশ্রিত দ্রবণের বর্ণ লাল বা লালভ হয় না, বরং বর্ণহীন হয়।

সুতরাং ফিনপথ্যালিন নির্দেশক ব্যবহার করিয়া সোডিয়াম কার্বনেট প্রশমিত করার ক্ষেত্রে দ্রবণ বর্ণহীন হইলে বুঝিতে হইবে যে মাত্র **অর্ধেক পরিমাণ সোডিয়াম কার্বনেট প্রশমিত হইয়াছে।**

অবশিষ্ট **সোডিয়াম বাইকার্বনেট প্রশমন মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশকের ব্যবহার করিয়া সম্পূর্ণ করিতে হয়।**

পরীক্ষা নির্ভুল হইলে দেখা যাইবে যে ফিনপথ্যালিন ব্যবহৃত অর্ধ-প্রশমন ক্রিয়ায় যত আয়তন অ্যাসিড ব্যবহৃত হইয়াছে, মিথাইল অরেঞ্জ ব্যবহার করিয়া প্রশমন ক্রিয়া সম্পূর্ণ করার জন্য ঠিক তত আয়তন অ্যাসিড ব্যবহৃত হইয়াছে। তাই সম্পূর্ণ প্রশমন ক্রিয়ার জন্য ব্যবহৃত অ্যাসিডের আয়তন দুই পর্যায়ে ব্যবহৃত অ্যাসিডের আয়তনের যোগফলের সমান হইবে।

13·5. দ্রবণের মাত্রা পরিবর্তন (Change of strength) :

বিভিন্ন মাত্রার দ্রবণ পরস্পরের সঙ্গে প্রশমিত করা হয়। তাই, কিভাবে একমাত্রার দ্রবণের সঙ্গে অন্য মাত্রার দ্রবণের সম্বন্ধ সাধারণভাবে নির্ণয় করা যায়, সে সম্বন্ধে কতকগুলি সাধারণ সূত্র জানা প্রয়োজন।

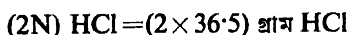
1. দ্রবণের শতাংশিক মাত্রা নর্ম্যাল মাত্রায় পরিবর্তন (Percentage strength to normal strength) :

10%NaOH দ্রবণ কত নর্ম্যাল দ্রবণ? 10% NaOH দ্রবণের অর্থ 100 ml. দ্রবণে 10 গ্রাম NaOH, অর্থাৎ 1000 ml. দ্রবণে $10 \times 10 = 100$ গ্রাম NaOH ; কিন্তু নর্ম্যাল দ্রবণের 1000 ml. দ্রবণে থাকে 40 গ্রাম NaOH; সুতরাং 1000 ml. দ্রবণে 100 গ্রাম NaOH তৈরী করে

$$= \frac{100}{40} (N)\ NaOH = 2{\cdot}5\ (N)\ NaOH$$

অর্থাৎ 10%NaOH দ্রবণ $= 2{\cdot}5$ (N) NaOH দ্রবণ

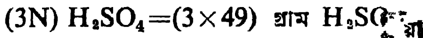
2. দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রাকে লিটার প্রতি গ্রাম হিসাবের ওজনে পরিবর্তন (Normality to grams per litre) :

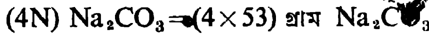


প্রতি লিটারে গ্রাম হিসাবে ওজন = নর্ম্যাল × গ্রাম-তুল্যাংক

প্রতি 1000 ml. দ্রবণে বর্তমান :

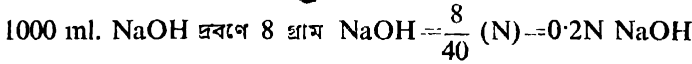
(2N) HCl $= (2 \times 36{\cdot}5)$ গ্রাম HCl


(3N) $H_2SO_4 = (3 \times 49)$ গ্রাম H_2SO_4


(4N) $Na_2CO_3 = (4 \times 53)$ গ্রাম Na_2CO_3

3. লিটার প্রতি গ্রাম হিসাবে ওজনকে নর্ম্যাল মাত্রায় পরিবর্তন (Grams per litre to normality) ঃ

সংজ্ঞানুযায়ী, **নর্ম্যাল মাত্রা** $= \dfrac{\text{লিটার প্রতি গ্রাম হিসাবে ওজন}}{\text{গ্রাম তুল্যাংক}}$


1000 ml. NaOH দ্রবণে 8 গ্রাম NaOH $= \frac{8}{40}$ (N) $=$ 0·2N NaOH


1000 ml. HCl দ্রবণে 36·5 গ্রাম HCl $= \frac{36 \cdot 5}{36 \cdot 5}$ (N) HCl $=$ (N) HCl


1000 ml. H_2SO_4 দ্রবণে 98 $H_2SO_4 = \frac{98}{49}$ (N) $H_2SO_4 = 2$(N) H_2SO_4

13·6. অম্লমিতি ও ক্ষারমিতির কয়েকটি সূত্র ঃ (Some principles of Acidimetry and Alkalimetry) ঃ

(i) **প্রথমসূত্র ঃ** 1ml. (N) দ্রবণ $= 10$ ml. $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ

$= 2$ ml. $\left(\frac{N}{2}\right)$ দ্রবণ $= 100$ ml. $\left(\frac{N}{100}\right)$

(ii) **দ্বিতীয় সূত্র ঃ সম-মাত্রার** (strength) **অ্যাসিড ও ক্ষার দ্রবণ সম-আয়তনে** (volume) **পরস্পরকে প্রশমিত করে।** অ[illegible]ৎ, পারস্পরিক বিক্রিয়া সম্ভব হইলে দুইটি যৌগের মধ্যে সম-তুল্যাংক পরিমাণে বি[illegible] ঘটে। ইহাকে তুল্যাংক আনুপাতিক সূত্রও (Law of equivalent proportion) বল[illegible]

1 ml. (N) NaOH প্রশমিত করে 1 ml. (N) H_2SO_4 [illegible] 1 ml. (N)HCl

অর্থাৎ 1 ml. (N) দ্রবণের যে-কোন ক্ষার প্রশমি[illegible] 1 ml. (N) দ্রবণের যে-কোন অ্যাসিড।

(iii) **তৃতীয় সূত্র ঃ** প্রতিটি প্রশমন ক্রিয়ায় ঃ

$$\frac{\text{অ্যাসিডের মাত্রা } (S_1)}{\text{ক্ষারের মাত্রা } (S_2)} = \frac{\text{ক্ষারের আয়তন } (V_2)}{\text{অ্যাসিডের আয়তন } (V_1)}$$

অর্থাৎ, **অ্যাসিডের মাত্রা** $(S_1) \times$ **অ্যাসিডের আয়তন** (V_1)

$=$ **ক্ষারের মাত্রা** $(S_2) \times$ **ক্ষারের আয়তন** (V_2)

(iv) **চতুর্থ সূত্র ঃ** প্রশমন ক্রিয়ার সাহায্যে **অজ্ঞাত মাত্রার দ্র[illegible]কে [illegible]র্ম্যাল মাত্রায় পরিবর্তন ঃ**

মনে কর, (ক) 15 ml. (N) **অ্যাসিড**=5 ml. **অজ্ঞাত মাত্রার ক্ষার দ্রবণ।** ইহার অর্থ ক্ষারের মাত্রা (strength) অ্যাসিডের চেয়ে বেশি। সুতরাং অজ্ঞাত মাত্রার ক্ষারকে

নর্ম্যাল দ্রবণে পরিণত করার জন্য ([illegible]) অর্থাৎ 10 জল প্রতি 5 ক্ষার দ্রবণে মিশাইতে হইবে।

(খ) 100 ml. 2·5 (N) দ্রবণ = 100 × 2·5 ml. (N) দ্রবণ।

= 250 ml. (N) দ্রবণ

এই দ্রবণকে নর্ম্যাল দ্রবণে পরিবর্তিত করার জন্য (250 − 100) ml. অর্থাৎ 150 ml. জল প্রতি 100 ml. দ্রবণে মিশাইতে হইবে।

(v) **পঞ্চম সূত্র ঃ** x ml. y (N) দ্রবণ ≡ $(x \times y)$ ml. (N) দ্রবণ অর্থাৎ 10 ml. 1·2 (N) NaOH দ্রবণ ≡ (10 × 1·2) ml. (N) NaOH দ্রবণ ; 20 ml. $1{\cdot}08\left(\frac{N}{10}\right) H_2SO_4 \equiv \left(20 \times \frac{1{\cdot}08}{10}\right)$ ml. (N) H_2SO_4 দ্রবণ।

গুণনীয়ক বা সহগ (Factor) নির্ণয় ঃ যতখানি প্রয়োজন সঠিক সেই পরিমাণে কোন পদার্থ রাসায়নিক তুলাদণ্ডে ওজন করা অত্যন্ত কষ্টকর ও সময়সাপেক্ষ। তাই যে ওজন প্রয়োজন তার চেয়ে সাধারণত কিছু বেশী পরিমাণে দ্রাব্য বস্তু ওজন করা হয়।

গুণনীয়ক বা সহগ (Factor) ঃ কোন প্রমাণ দ্রবণ তৈরী করার জন্য যে ওজনে দ্রাব্য গ্রহণ করা হয় তাহাকে প্রা[illegible] যথাপ্রয়োজনীয় ওজন (theoretical weight) দ্বারা ভাগ করিলে যে সংখ্যা পাওয়া যায় তাহাকে সেই দ্রবণের গুণনীয়ক বলা হয়। অর্থাৎ কোন প্রমাণ দ্রবণে দ্রবীভূত দ্রব্যের [illegible]প্রয়োজনীয় ওজনের ভগ্নাংশ সেই দ্রবণের **গুণনীয়ক** বা সহগ। যথা ঃ

$$\text{গুণনীয়ক বা সহগ} = \frac{\text{প্রমাণ দ্রবণে যৌগের গৃহীত ওজন}}{\text{প্রমাণ দ্রবণে যৌগের যথাপ্রয়োজনীয় ওজন}}$$

(i) 1 লিটার সালফিউরিক অ্যাসিডের নর্ম্যাল দ্রবণ প্রস্তুত করার জন্য 49 গ্রাম অ্যাসিড প্রয়োজন কিন্তু যদি 50 গ্রাম অ্যাসিড গ্রহণ করা হয়, তাহা হইলে

$$\text{গুণনীয়ক বা সহগ} = \frac{\text{গৃহীত ওজন}}{\text{যথাপ্রয়োজনীয় ওজন}} = \frac{50}{49} = 1{\cdot}0204$$

সুতরাং অ্যাসিড দ্রবণের মাত্রা = 1·0204 (N) H_2SO_4

(ii) $\left(\frac{N}{10}\right) Na_2CO_3$ দ্রবণ তৈরী করার জন্য লিটার প্রতি 5·3 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট প্রয়োজন। কিন্তু ওজন যদি গৃহীত হয় 5·6 গ্রাম, তাহা হইলে গুণনীয়ক বা সহগ

$$= \frac{\text{গৃহীত ওজন}}{\text{যথাপ্রয়োজনীয় ওজন}} = \frac{5{\cdot}6}{5{\cdot}3} = 1{\cdot}0566$$

সুতরাং দ্রবণের মাত্রা = $1{\cdot}0566 \left(\frac{N}{10}\right) Na_2CO_3$

উদাহরণ ঃ

1. 60 ml. 6(N) H_2SO_4 দ্রবণ প্রস্তুতির জন্য কত ml. 36 (N) H_2SO_4 প্রয়োজন হইবে ?

x ml. × 36 (N) $H_2SO_4 \equiv$ 60 ml. × 6 (N) H_2SO_4

$$\therefore \quad x \text{ ml.} = \frac{60 \times 6\ (N)}{36\ (N)} = 10 \text{ ml.}$$

অর্থাৎ 10 ml. 36 (N) H_2SO_4 অ্যাসিডে জল মিশাইয়া 60 ml. দ্রবণ তৈরী করিলে তাহা 60 ml. 6 (N) H_2SO_4 দ্রবণের সমান হইবে।

2. 15 ml. 9 (N) Na_2CO_3 দ্রবণে 75 ml. জল যুক্ত করা হইলে দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা কত হইবে ?

15 ml. 9 (N) Na_2CO_3 + 75 ml. জল = 90 ml. অজ্ঞাত মাত্রার Na_2CO_3 দ্রবণ।

আমরা জানি, আয়তন$_1$ × মাত্রা$_1$ = আয়তন$_2$ × মাত্রা$_2$

$\therefore$ 90 ml. × x (N) Na_2CO_3 = 15 ml. × 9 (N) Na_2CO_3

$$\therefore \quad x = \frac{15 \times 9(N)}{90 \times (N)} = 1 \cdot 5$$

সুতরাং জলমিশ্রিত Na_2CO_3 দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা = [illegible] (N)

3. 20 ml. 3·6 (N) NaOH দ্রবণকে সম্পূ[illegible] প্রশমিত করিতে কত ml. 9 (N) H_2SO_4 দ্রবণের প্রয়োজন হইবে ?

মনে কর, x ml. প্রদত্ত H_2SO_4 লাগিবে

$\therefore$ x ml. 9(N) $H_2SO_4 \equiv$ 20 ml. 3·6 (N) NaOH

সূত্র অনুযায়ী, $V_1 \times S_1 = V_2 \times S_2$

$\therefore$ $x \times 9 = 20 \times 3 \cdot 6$

অথবা, $x = \dfrac{20 \times 3 \cdot 6}{9} = 8$ ml.

4. 30 ml. 1·55 (N) KOH দ্রবণকে প্রশমিত করিতে 18·6 m[illegible] H_2SO_4 লাগে। H_2SO_4 দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা নির্ণয় কর।

মনে কর, প্রদত্ত H_2SO_4-এর মাত্রা x.

$\therefore$ 18·6 (x) $H_2SO_4 \equiv$ 30 ml. 1·55 (N) KOH

সূত্র অনুযায়ী $V_1 \times S_1 = V_2 \times S_2$

$\therefore$ 18·6 ml. × $x \equiv$ 30 ml. × 1·55 (N)

$$\therefore \quad x = \frac{30 \times 1 \cdot 55}{18 \cdot 6} = 2 \cdot 5\ (N)$$

5. একটি NaOH দ্রবণের প্রতি লিটারে 2·5 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত আছে। এই দ্রবণের 500 ml. প্রশমিত করিতে কত আয়তন $\left(\frac{N}{10}\right)H_2SO_4$ প্রয়োজন হইবে?

NaOH-এর গ্রাম তুল্যাংক = 40 গ্রাম

NaOH দ্রবণের নর্ম্যালিটি $= \frac{2·5}{40}(N) = ·0625\ (N) = ·0625 \times 10\left(\frac{N}{10}\right)$

সূত্রানুযায়ী $V_1S_1 = V_2S_2$

$$\therefore \quad V_1 = \frac{V_2S_2}{S_1} = \frac{500 \times ·0625 \times 10\left(\frac{N}{10}\right)}{\left(\frac{N}{10}\right)} = 312·5 \text{ ml.}$$

6. (a) 24 ml. H_2SO_4 দ্রবণ 25 ml. 1 12 $\left(\frac{N}{10}\right)$ NaOH দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা ও প্রতি লিটারে H_2SO_4-এর পরিমাণ নির্ণয় কর।

(*b*) (i) 25 ml. 0·08 (N) NaOH দ্রবণে 20 ml. 0·09 (N) Na_2CO_3 যুক্ত করা হইল। মিশ্র ক্ষার দ্রবণটির নর্ম্যাল মাত্রা কত হইবে?

(ii) এই মিশ্র ক্ষার দ্রবণের 30 ml.-কে 50 ml. H_2SO_4 দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করা যায়। H_2SO_4 দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা নির্ণয় কর।

(*a*) $V_1S_1 = V_2S_2$

$\therefore \quad 25 \times 1·12\left(\frac{N}{10}\right) = 24 \times x\left(\frac{N}{10}\right)$ [$x = H_2SO_4$-এর নর্ম্যালিটি]

$\therefore \quad x = 1·16\left(\frac{N}{10}\right) H_2SO_4$

লিটারে [illegible] ওজন $= 1·16 \times \frac{49}{10} = 5·68$ গ্রাম

(b) (i) 25 ml. 0·08 (N) NaOH $\equiv 25 \times 0·08 \equiv 2·0$ ml. (N) NaOH

20 ml. 0·09 (N) $Na_2CO_3 \equiv 20 \times 0·09 \equiv 1·8$ ml. (N) Na_2CO_3

মিশ্র দ্রবণের আয়তন = 45 ml. ; মিশ্র ক্ষারের আয়তন = 3·8 ml (N)

$45 \times x(N) \equiv 3·8 \times (N) \quad \therefore \quad x = \frac{3·8}{45} = 0·0844\ (N)$

(ii) $30 \times 0·844\ (N) \equiv 50 \times x$

$\therefore \quad x = \frac{30 \times ·0844\ (N)}{50} = 0·05064\ (N)$

7. 125 ml. NaOH দ্রবণে 0·4940 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত আছে, দ্রবণটির তুল্যমাত্রা (a) (N) এবং (b) $\left(\frac{N}{10}\right)$এ প্রকাশ কর। উপরোক্ত NaOH দ্রবণের 25 ml. কে সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে কত ml. $\left(\frac{N}{5}\right)$অম্লের দ্রবণ প্রয়োজন?

(*a*) NaOH-এর তুল্যাংক $=\frac{23+16+1}{1}=40$

নর্ম্যাল দ্রবণরূপে NaOH-দ্রবণের মাত্রা $=\frac{\cdot 4940\times 1000}{125\times 40}=\cdot 0988$ (N) NaOH

(*b*) ডেসিনর্ম্যাল দ্রবণরূপে $=\cdot 0988\times 10\left(\frac{N}{10}\right)=\cdot 988\left(\frac{N}{10}\right)$NaOH

$$x \text{ ml.}\times\left(\frac{N}{5}\right)\equiv 25 \text{ ml.}\times \cdot 988\left(\frac{N}{10}\right)$$

অথবা $x \text{ ml.}\times 2\left(\frac{N}{10}\right)\equiv 25 \text{ ml.}\times \cdot 988\left(\frac{N}{10}\right)$

∴ $x=12\cdot 35$ ml. অ্যাসিড প্রয়োজন।

8. 50 ml.$\left(\frac{N}{2}\right)$NaOH দ্রবণে 50 ml. (N) H_2SO_4 দ্রবণ যুক্ত করা হইল। মিশ্র দ্রবণ অম্লধর্মী না ক্ষারধর্মী হইবে?

50 ml.$\left(\frac{N}{2}\right)$NaOH $=\frac{50}{2}$ml. (N) NaOH $=25$ ml. (N) NaOH

25 ml. (N) NaOH $\equiv$ 25 ml. (N) H_2SO_4 ;

সুতরাং দ্রবণে $(50-25)=25$ ml. (N) H_2SO_4 উদ্বৃত্ত থাকিবে। অর্থাৎ দ্রবণ অ্যাসিড ধর্মী হইবে।

9. 20·5 ml. 1·05 (N) NaOH দ্রবণ প্রশমিত করিতে কত ml. HCl (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·10) প্রয়োজন? HCl দ্রবণে শতকরা 20·2 গ্রাম HCl আছে।

HCl অ্যাসিডের 1·10 আপেক্ষিক গুরুত্বের অর্থ 1 ml. দ্রবণের ওজন 1·10 গ্রাম।

∴ 1 ml. 20·2% HCl-এ পাওয়া যায়

$$=\left(1\cdot 10\times\frac{20\cdot 2}{100}\right)\text{গ্রাম}=0\cdot 222 \text{ গ্রাম HCl}$$

∴ 1000 ml. HCl-এ পাওয়া যায় $=222$ গ্রাম HCl

আবার 1000 ml. 1 (N) HCl $=36\cdot 5$ গ্রাম HCl

HCl দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা $=\frac{222}{36\cdot 5}$ (N) $=6\cdot 082$ (N)

মনে, কর x ml. প্রদত্ত HCl ...।

20·5 ml. 1·05 (N) NaOH $\equiv x$ ml. 6·082 (N) HCl

এখন সূত্র অনুযায়ী $V_1 \times S_1 = V_2 \times S_2$

$\therefore \quad 20{\cdot}5 \times 1{\cdot}05\ (N) = x \times 6{\cdot}082\ (N)$

$$\therefore \quad x = \frac{20{\cdot}5 \text{ ml.} \times 1{\cdot}05\ (N)}{6{\cdot}082\ (N)} = 3{\cdot}53 \text{ ml.}$$

10. এক লিটার H_2SO_4 দ্রবণে 4·9 গ্রাম H_2SO_4 দ্রবীভূত আছে। এই দ্রবণকে প্রশমিত করিতে কত ml. 10% Na_2CO_3 দ্রবণ প্রয়োজন।

H_2SO_4 অ্যাসিডের গ্রাম তুল্যাংক 49

এক লিটার দ্রবণে 4·9 গ্রাম অর্থাৎ $\frac{4{\cdot}9}{49} = \frac{1}{10}$ গ্রাম তুল্যাংক H_2SO_4 আছে।

সুতরাং H_2SO_4-এর মাত্রা $= \left(\frac{N}{10}\right)$

1 লিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4, 1 লিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 প্রশমিত করে।

আমরা জানি 1 লিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণে Na_2CO_3 পাওয়া যায় 5·3 গ্রাম।

আবার 10% Na_2CO_3 দ্রবণে

10 গ্রাম Na_2CO_3 পাওয়া যায় 100 ml. দ্রবণে

$\therefore$ 5·3 .. .. .. $\frac{100}{10} \times 5{\cdot}3$ ml. ,,

$= 53$ ml. দ্রবণে।

সুতরাং প্রয়োজনীয় 10% Na_2CO_3 এর আয়তন 53 ml.

11. 50 ml. (N) H_2SO_4 দ্রবণ প্রশমিত করিতে কত গ্রাম Na_2CO_3 আবশ্যক হইবে ?

50 ml. (N) $H_2SO_4 \equiv$ 50 ml. (N) Na_2CO_3

কিন্তু 100 ml. (N) Na_2CO_3 দ্রবণে পাওয়া যায় 5·3 গ্রাম Na_2CO_3

$\therefore$ 50 ml. (N) Na_2CO_3 .. .. 2·65 গ্রাম Na_2CO_3

সুতরাং Na_2CO_3 আবশ্যক হইবে 2·65 গ্রাম।

12. 8 ml. 0·75 (N) অম্লের দ্রবণে 25 ml. ক্ষার দ্রবণযুক্ত করা হইল এবং মিশ্র দ্রবণ সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে 15 ml. 0·8 (N) H_2SO_4 দ্রবণ লাগিল। ক্ষার লবণের শক্তিমাত্রা নির্ণয় কর।

8 ml. 0·75 (N) অ্যাসিড $\equiv (8 \times 0{\cdot}75)$ ml. (N) অ্যাসিড

15 ml. 0·8 (N) $H_2SO_4 \equiv (15 \times {\cdot}8)$ ml. (N)H_2SO_4

∴ অ্যাসিডের সমগ্র আয়তন $\equiv (8\times 0\cdot$[illegible]$5\times 0\cdot 8)$ ml.

$\equiv 18$ ml. (N) অ্যাসিড

ধরা যাক্ ক্ষারের মাত্রা (x)

∴ 25 ml. (x) ক্ষার $\equiv 18$ ml. (N) অ্যাসিড ∴ $25\times x = 18\times(N)$

∴ $x = \frac{18}{25}$ (N) $= 0\cdot 72$ (N), অর্থাৎ ক্ষারের মাত্রা $= 0\cdot 72$ (N).

13. 250 ml. জলে 0·53 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেটের একটি দ্রবণকে 1500 ml. $\left(\frac{N}{10}\right)$ সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের সহিত আংশিক প্রশমণের নিমিত্ত মিশ্রিত করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণে সালফিউরিক অ্যাসিডের নর্ম্যালমাত্রা কত?

250 ml. দ্রবণে আছে 0·53 গ্রাম Na_2CO_3

∴ 1000 ml. ,, ,, $\frac{0\cdot 53}{250}\times 1000 = 0\cdot 53\times 4$ গ্রাম Na_2CO_3

সুতরাং Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা $= \frac{0\cdot 53\times 4}{63}$ (N) $= 0\cdot 04$(N)

এখন, 250 ml. 0·04 (N) $Na_2CO_3 = 250\times 0\cdot 04$ ml. (N) Na_2CO_3

$= 10$ ml. (N) Na_2CO_3

আবার, 1500 ml. $\left(\frac{N}{10}\right)$ $H_2SO_4 = 150$ ml. (N) H_2SO_4

সুতরাং অবিকৃত অ্যাসিডের আয়তন $= (150-10) = 140$ ml. (N) H_2SO_4.

মিশ্রণে আয়তন সঙ্কোচন না হইলে মোট আয়তন দাঁড়াইবে (1500+250) ml. বা 1750 ml. ধর, অ্যাসিড-গুণসম্পন্ন মিশ্রণের মাত্রা 'S'

তাহা হইলে, $1750\times S = 140$ ml. (N) H_2SO_4

∴ $S = \frac{140}{1750}$ (N) $= 0\cdot 08$ (N) H_2SO_4

14. 0·5 ml. H_2SO_4-কে জল মিশ্রিত করিয়া 500 ml. [illegible] করা হইল। এই লঘু H_2SO_4-দ্রবণের 10·2 ml.-কে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতে [illegible]·7 ml. $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণ প্রয়োজন হয়। লঘু অ্যাসিড দ্রবণটির 400 ml. আয়তনের সহিত কত জল মিশাইলে জল-মিশ্রিত দ্রবণের মাত্রা সঠিক ডেসিনর্ম্যাল হইবে?

22·7 ml. $\left(\frac{N}{10}\right)$ $Na_2CO_3 = 22\cdot 7\times\frac{1}{10}$ ml. (N) $Na_2CO_3 =$ [illegible] ml. (N) Na_2CO_3. ধর, H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা 'S'. অতএব, 10·2 ml. (S) H_2SO_4 দ্রবণ 2·27 ml. (N) Na_2CO_3 দ্রবণ প্রশমিত করে।

∴ $2\cdot 27\times 1 = 10\cdot 2\times S$ অথবা, $S = \frac{2\cdot 27}{10\cdot 2}$(N)

এখন, 400 ml. $\frac{2\cdot27}{10\cdot2}$ (N) H_2SO_4 দ্রবণ

$\equiv 400\times\frac{2\cdot27}{10\cdot2}$ ml. (N) H_2SO_4 দ্রবণ $\equiv\frac{400\times2\cdot27}{10\cdot2}\times10$ ml. $\left(\frac{N}{10}\right)H_2SO_4$ দ্রবণ

$=890\cdot2$ ml. $\left(\frac{N}{10}\right)H_2SO_4$ দ্রবণ।

অতএব, 400 ml. লঘু H_2SO_4কে জল মিশাইয়া 890·2 ml. করিলে $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ হইবে। সুতরাং মিশ্রিত জলের আয়তন $=(890\cdot2-400)$ ml $=490\cdot2$ ml.

15. 50 ml. একটি HCl-দ্রবণে 25 ml. 0·82 (N) NaOH দ্রবণ মিশানো হইল। দ্রবণে অবশিষ্ট অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে আরও 30 ml. 0·09 (N) Na_2CO_3 দ্রবণ প্রয়োজন হইল। অ্যাসিড দ্রবণটির নর্ম্যাল-মাত্রা ও প্রতি লিটারে কত গ্রাম HCl আছে, তাহা নির্ণয় কর।

25 ml. 0·82 (N) NaOH $=(25\times0\cdot82)$ ml. (N) NaOH

$=20\cdot50$ ml. (N) NaOH

30 ml. 0·09 (N) $Na_2CO_3=(30\times0\cdot09)$ ml. (N) Na_2CO_3

$=2\cdot70$ ml. (N) Na_2CO_3

সুতরাং মোট $(20\cdot50+2\cdot70)$ ml. বা, 23·2 ml. (N) ক্ষার 50 ml. HCl-কে প্রশমিত করে।

16. একটি অ্যাসিডের আণবিক ওজন $=126$, ও উহার ক্ষারগ্রাহিতা 2. এই অ্যাসিডের 1·4175 গ্রাম 250 ml. জলে দ্রবীভূত করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণের 22·5 ml.কে প্রশমিত করিতে একটি NaOH দ্রবণের 25 ml. প্রয়োজন হইল। এই NaOH-দ্রবণের 10 ml. অপর একটি H_2SO_4 দ্রবণের [illegible]8 ml. কে প্রশমিত করে। H_2SO_4 দ্রবণের নর্ম্যাল-মাত্রা কত?

প্রদত্ত অ্যাসিডের আণবিক ওজন $=126$, সুতরাং অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার $=\frac{126}{2}=63$

250 ml. প্রদত্ত অ্যাসিড দ্রবণে আছে 1·4175 গ্রাম অ্যাসিড

$\therefore$ 1000 ml. .. .. .. $\frac{1\cdot4175}{250}\times1000=5\cdot67$ গ্রাম অ্যাসিড।

সুতরাং অ্যাসিডের মাত্রা $=\frac{5\cdot67}{63}$ (N)

প্রশ্নানুযায়ী, 22·5 ml. $\frac{5\cdot67}{63}$ (N) অ্যাসিড 25 ml. NaOH দ্রবণকে প্রশমিত করে।

সুতরাং NaOH দ্রবণের মাত্রা $=\frac{22\cdot5\times\frac{5\cdot67}{63}}{25}=\frac{22\cdot5\times5\cdot67}{25\times63}$ (N)

এখন ধর, H_2SO_4 অ্যাসিডের মাত্রা 'S'

তাহা হইলে, $S\times 8 = 10\times\dfrac{22\cdot5\times5\cdot67}{25\times63}\,(N)$

অথবা, $S=\dfrac{10\times22\cdot5\times5\cdot67}{8\times25\times63}\,(N)=0\cdot1012\,(N)$.

17. 25 ml. একটি ক্ষার-দ্রবণকে 8 ml. 0·75 (N) অ্যাসিড দ্রবণের সহিত মিশানো হইল। মিশ্রণটিকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতে আরও 15 ml. 0·8 (N) অ্যাসিড দ্রবণের প্রয়োজন হইল। ক্ষার-দ্রবণটির মাত্রা কত?

8 ml. 0·75 (N) অ্যাসিড দ্রবণ

$\equiv(8\times0\cdot75)$ ml. (N) অ্যাসিড দ্রবণ $=6$ ml. (N) অ্যাসিড দ্রবণ।

আবার, 15 ml. 0·8 (N) অ্যাসিড দ্রবণ

$\equiv(15\times0.8)$ ml. (N) অ্যাসিড দ্রবণ $=12$ ml. (N) অ্যাসিড দ্রবণ।

সুতরাং মোট অ্যাসিডের পরিমাণ $=(12+6)$ ml. (N) দ্রবণ $=18$ ml. (N) দ্রবণ।

এখন ধর, ক্ষার-দ্রবণের মাত্রা 'S'

তাহা হইলে, $S\times25=18\times(N)$ অথবা, $S=\dfrac{18}{25}\times(N)=0\cdot72\,(N)$

18. 28 ml. 0·25 (N) অ্যাসিড-দ্রবণ ও 10 ml. 0·5 (N) ক্ষার-দ্রবণ মিশ্রণের ফল কী হইবে? উক্ত মিশ্রণকে প্রশমিত করিতে কত ml. ডেসিনর্ম্যাল অ্যাসিড বা ক্ষার প্রয়োজন হইবে?

28 ml. 0·25(N) অ্যাসিড $\equiv28\times0\cdot25$ ml (N) অ্যাসিড $=7$ ml. (N) অ্যাসিড।

আবার, 10 ml. 0·5 (N) $\equiv10\times0\cdot5$ ml. (N) ক্ষার $=5$ ml. (N) ক্ষার।

এখন যেহেতু একই মাত্রার সমান আয়তন অ্যাসিড ও ক্ষার পরস্পরকে যথাযথ প্রশমিত করে,

সেইহেতু, 5 ml. (N) ক্ষার $\equiv$ 5 ml. (N) অ্যাসিড

এইক্ষেত্রে 7 ml. (N) অ্যাসিড ব্যবহৃত হইয়াছে

$\therefore$ $(7-5)$ ml. $=2$ ml. পরিমাণ (N) অ্যাসিড উদ্বৃত্ত থাকিবে।

সুতরাং, মিশ্রণটি অ্যাসিড গুণসম্পন্ন হইবে এবং উহাতে 2 ml. (N) অ্যাসিডের তুল্য অ্যাসিড থাকিবে। ঐ পরিমাণ অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে ক্ষার যোগ করিতে হইবে।

ধর, x ml. ডেসিনর্ম্যাল ক্ষার যোগ করিতে হইবে।

তাহা হইলে, 2 ml. (N) অ্যাসিড $\equiv x$ ml. $\left(\dfrac{N}{10}\right)$ ক্ষার অর্থাৎ, $2\times N=x\times\dfrac{N}{10}$

অথবা, $x=20$.

$\therefore$ 20 ml. $\left(\dfrac{N}{10}\right)$ ক্ষার-দ্রবণ লাগিবে।

19. 0·5% কস্টিক সোডা দ্রবণের 20 ml.-কে প্রশমিত করিতে 25 ml. 0·1 (N) H_2SO_4 লাগে। কস্টিক সোডার তুল্যাংকভার কত?

100 ml. কস্টিক সোডা দ্রবণে 0·5 গ্রাম NaOH আছে।

$\therefore$ 20 ml. .. .. $\frac{0 \cdot 5 \times 20}{100} = 0 \cdot 1$ গ্রাম কস্টিক সোডা আছে।

25 ml. 0·1 (N) $H_2SO_4 \equiv 25 \times 0 \cdot 1$ ml. (N) H_2SO_4

$= 2 \cdot 5$ ml. (N) H_2SO_4

$\therefore$ 2·5 ml. (N) $H_2SO_4 \equiv 0 \cdot 1$ গ্রাম NaOH

$\therefore$ 1 লিটার (N) $H_2SO_4 = \frac{0 \cdot 1 \times 1000}{2 \cdot 5} = 40$ গ্রাম NaOH.

সুতরাং, কস্টিক সোডার (NaOH) তুল্যাংকভার = 40.

20. একটি ধাতুর কার্বনেট 2 গ্রাম লইয়া 50 ml. (N) HCl-এ দ্রবীভূত করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণটিতে 100 ml. $\left(\frac{N}{10}\right)$ NaOH দ্রবণ মিশাইলে উহা প্রশমিত হয়। কার্বনেটটির তুল্যাংকভার নির্ণয় কর।

100 ml. $\left(\frac{N}{10}\right)$ NaOH দ্রবণ $\equiv (100 \times \frac{1}{10})$ml. (N) NaOH দ্রবণ

$= 10$ ml. (N) NaOH দ্রবণ $\equiv 10$ ml. (N) HCl দ্রবণ।

অতএব, $(50 - 10)$ ml. বা 40 ml. (N) HCl, 2 গ্রাম $CaCO_3$-কে প্রশমিত করে

$\therefore$ 1000 ml. (N) HCl $\frac{2}{40} \times 1900 = 50$ গ্রাম $CaCO_3$ প্রশমিত করে

অতএব, $CaCO_3$-এর তুল্যাংক ভার = 50.

21. 250 ml. দ্রবণে 1·225 গ্রাম একটি অ্যাসিড আছে। এই দ্রবণের 25 ml.-কে প্রশমিত করিতে 20 ml. $\left(\frac{N}{10}\right)$ NaOH দ্রবণ লাগে। অ্যাসিডটির ক্ষার-গ্রাহিতা 2 হইলে, উহার আণবিক ভার কত?

25 ml. অ্যাসিড দ্রবণ $\equiv$ 20 ml. $\left(\frac{N}{10}\right)$ NaOH

$\therefore$ 250 ml. .. .. $= 200$ ml. $\left(\frac{N}{10}\right)$ NaOH $\equiv 20$ ml. (N) NaOH

সুতরাং, 20 ml. (N) NaOH, 1·225 গ্রাম অ্যাসিডকে প্রশমিত করে। সুতরাং, 1000 ml. বা 1 লিটার (N) NaOH, $\frac{1 \cdot 225 \times 1000}{20}$ গ্রাম $= 61 \cdot 25$ গ্রাম অ্যাসিডকে প্রশমিত করে।

$\therefore$ অ্যাসিডের তুল্যাংকভার $= 61 \cdot 25$

অতএব, অ্যাসিডের আণবিক ওজন = তুল্যাংকভার × ক্ষারগ্রাহিতা $= 61{\cdot}25 \times 2 = 122{\cdot}5$.

22. $15^\circ C$ তাপমাত্রায় সংপৃক্ত একটি সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের আপেক্ষিক গুরুত্ব $1{\cdot}2$. উহার 20 ml.-কে 100 ml. (N) H_2SO_4 দ্রবণের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করা হইল এবং উৎপন্ন দ্রবণকে প্রশমিত করিতে আরও $28{\cdot}4$ ml. অর্ধনর্ম্যাল NaOH দ্রবণের প্রয়োজন হইল। $15^\circ C$ তাপমাত্রায় 100 গ্রাম জলে কত গ্রাম অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবীভূত করা যাইবে, তাহা নির্ণয় কর।

$$28{\cdot}4 \text{ ml. } \left(\frac{N}{2}\right) NaOH \equiv 28{\cdot}4 \text{ ml. } \left(\frac{N}{2}\right) H_2SO_4 \equiv 14{\cdot}2 \text{ ml. (N) } H_2SO_4$$

সুতরাং, $14{\cdot}2$ ml. (N) H_2SO_4 অবশিষ্ট ছিল।

অতএব, $(100 - 14{\cdot}2)$ ml. $= 85{\cdot}8$ ml. (N) H_2SO_4 দ্রবণ 20 ml. সম্পৃক্ত Na_2CO_3 দ্রবণকে প্রশমিত করে।

ধর, সম্পৃক্ত Na_2CO_3 এর মাত্রা S, তাহা হইলে, $V_1 \times S_1 = V_2 \times S_2$. সূত্রানুযায়ী,

$85{\cdot}8 \times (N) = 20 \times S$. অথবা, $S = \frac{85{\cdot}8}{20}(N) = 4{\cdot}29$ (N)

সুতরাং, 1000 ml. সম্পৃক্ত দ্রবণে $4{\cdot}29 \times 53$ গ্রাম $= 227{\cdot}37$ গ্রাম অনার্দ্র Na_2CO_3 আছে।

এখন, 1000 ml. সম্পৃক্ত Na_2CO_3 দ্রবণের (আপেক্ষিক গুরুত্ব $1{\cdot}2$) ওজন $= 1000 \times 1{\cdot}2 = 1200$ গ্রাম।

সুতরাং, 1200 গ্রাম দ্রবণে Na_2CO_3-এর পরিমাণ $227{\cdot}37$ গ্রাম, সুতরাং জলের ওজন $= (1200 - 227{\cdot}37)$ গ্রাম $= 972{\cdot}63$ গ্রাম।

∴ $972{\cdot}63$ গ্রাম জল $227{\cdot}37$ গ্রাম Na_2CO_3-কে $15^\circ C$ তাপমাত্রায় দ্রবীভূত করিতে পারে।

∴ $15^\circ C$ তাপমাত্রায় 100 গ্রাম জল $\frac{227{\cdot}37}{972{\cdot}63} \times 100$ গ্রাম $= 23{\cdot}337$ গ্রাম Na_2CO_3 কে দ্রবীভূত করে।

সুতরাং, $15^\circ C$ তাপমাত্রায় অনার্দ্র Na_2CO_3-এর দ্রাব্যতা $= 23{\cdot}337$ গ্রাম।

23. এক কিলোগ্রাম চুনাপাথর হইতে যে-পরিমাণ চুন পাওয়া যায়, তাহাকে প্রশমিত করিতে কত আয়তন $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl দ্রবণের প্রয়োজন হইবে?

$CaCO_3$-এর তুল্যাংকভার $= 50$.

1 কিলোগ্রাম $CaCO_3 = \frac{1000}{50} = 20$ গ্রাম-তুল্যাংকভার $CaCO_3$

এখন, এক তুল্যাংকভার কোন পদার্থ হইতে এক তুল্যাংকভার অপর কোন পদার্থ উৎপন্ন

হয়, সেইজন্য 20 গ্রাম-তুল্যাংকভার $CaCO_3$ হইতে 20 গ্রাম-তুল্যাংকভার চুন উৎপন্ন হইবে এবং ঐ পরিমাণ চুন 20 গ্রাম-তুল্যাংকভার HCl অ্যাসিডকে প্রশমিত করিবে।

এখন, 1 লিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl-এ $\frac{1}{10}$ গ্রাম-তুল্যাংকভার HCl আছে।

সুতরাং, 20 গ্রাম-তুল্যাংকভার HCl আছে $20 \times 10 = 200$ লিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$HCl-এ

অতএব, প্রয়োজনীয় $\left(\frac{N}{10}\right)$HCl-এর আয়তন 200 লিটার।

24. শতকরা 4 ভাগ বালি অশুদ্ধিরূপে আছে, এইরূপ একটি ক্যালসিয়াম কার্বনেটের নমুনার 1 গ্রামকে প্রশমিত করিতে কত আয়তন নর্ম্যাল অ্যাসিড লাগিবে?

1 গ্রামের $4\% = 0{\cdot}04$ গ্রাম

সুতরাং, বিশুদ্ধ $CaCO_3$ এর পরিমাণ $= (1 - 0{\cdot}04) = 0{\cdot}96$ গ্রাম।

$CaCO_3$ এর তুল্যাংকভার $= \frac{1}{2}$ আণবিক ওজন $= \frac{1}{2} \times 100 = 50$

50 গ্রাম $CaCO_3$ কে প্রশমিত করিবার জন্য প্রয়োজন 1000 ml. (N) অ্যাসিড

$\therefore$ 0·96 গ্রাম .. .. .. $\frac{1000}{50} \times 0{\cdot}96 = 19{\cdot}2$ ml. (N) অ্যাসিড।

অতএব, প্রদত্ত 1 গ্রাম $CaCO_3$ প্রশমিত করিবার জন্য প্রয়োজন $= 19{\cdot}2$ ml. (N) অ্যাসিড।

25. 0·2815 গ্রাম $CaCO_3$-কে 30 ml. (N) HNO_3 দ্রবণে দ্রবীভূত হইল। উদ্বৃত্ত অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে 24·43 ml. (N) NaOH দ্রবণ লাগিল। $CaCO_3$ নমুনাটিতে শতকরা কতভাগ CO_2 আছে?

24·43 (N) NaOH $\equiv$ 24·43 ml. (N) HNO_3

সুতরাং, 24·43 ml. (N) HNO_3 ব্যবহৃত হয় নাই।

সুতরাং, ব্যবহৃত অ্যাসিডের পরিমাণ $= (30 - 24{\cdot}43) = 5{\cdot}57$ ml. (N) HNO_3

5·57 ml. (N) $HNO_3 \equiv \frac{5{\cdot}57}{1000} = 0{\cdot}00557$ গ্রাম-তুল্যাংকভার HNO_3 [কারণ 1000 ml. (N) HNO_3-এ এক গ্রাম-তুল্যাংকভার HNO_3 আছে]

$\therefore$ 0·00557 গ্রাম-তুল্যাংকভার HNO_3 অ্যাসিড $CaCO_3$-এর উপর বিক্রিয়া করিয়া 0·00557 গ্রাম-তুল্যাংকভার CO_2 গ্যাস উৎপন্ন করে।

কিন্তু, 0·00557 গ্রাম-তুল্যাংকভার $CO_2 = 0{\cdot}00557 \times 22$ গ্রাম $= 0{\cdot}1225$ গ্রাম CO_2

$\therefore$ 0·2815 গ্রাম $CaCO_3$-এ 0·1225 গ্রাম CO_2 আছে

$\therefore$ 100 গ্রাম $CaCO_3$-এ $\frac{0{\cdot}1225}{0{\cdot}2815} \times 100$ গ্রাম $= 43{\cdot}53$ গ্রাম CO_2 আছে।

সুতরাং, প্রদত্ত $CaCO_3$-এ $43{\cdot}53\%$ CO_2 আছে।

প্রশ্ন

1. প্রমাণ দ্রবণ ও অর্ণব দ্রবণ কাহাকে বলে? প্রশমন ক্রিয়া বলিতে কি বোঝ? প্রশমন ক্রিয়ার পদ্ধতি বর্ণনা কর।

2. অম্লমিতি ও ক্ষারমিতির সংজ্ঞা লিখ। জ্ঞাত শক্তিমাত্রার Na_2CO_3 দ্রবণের দ্বারা কিরূপে অম্লের শক্তিমাত্রা নির্ণয় করিবে?

3. 60 ml. 1·6 (N) NaOH দ্রবণে কতগ্রাম NaOH আছে? 10 ml. 2(N) Na_2CO_3 দ্রবণে কত গ্রাম Na_2CO_2 আছে? [*Ans.* 3·84 NaOH ; 1·06 Na_2CO_3]

4. 10 ml. (N) অ্যাসিড 5 ml. অজ্ঞাত শক্তিমাত্রার ক্ষার দ্রবণকে প্রশমিত করে। কিরূপে ক্ষার দ্রবণের শক্তিমাত্রা (N) করা যাইবে?

5. 1·5 ml. (N) দ্রবণ কত ml. 2N, $\frac{N}{10}$ এবং $\frac{N}{100}$ দ্রবণের তুল্য হইবে? 200 ml. 0·01 (N) দ্রবণকে (N) দ্রবণে পরিণত করিলে দ্রবণের আয়তন কত হইবে?

[*Ans.* 0·75 ml., 15 ml., 150 ml., 2 ml.]

6. 25 ml. 1·4 (N) দ্রবণকে (N) দ্রবণে পরিণত করিতে হইলে কি পরিমাণ জল যোগ করিতে হইবে? [*Ans.* 10 ml.]

7. দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাংক নির্ণয় কর :—

(*a*) 500 ml. 2 (N) H_2SO_4 ; (b) 500 ml. 6 (N) H_2SO_4 দ্রবণ।

[*Ans.* 1 গ্র্যাম তুল্যাংক ; 3 গ্রামতুল্যাংক]

8. নিম্নলিখিত দ্রবণ প্রস্তুত করিতে কত গ্রাম দ্রাব লাগিবে—

(*a*) 1 লিটার ·05 (N) $(NH_4)_2SO_4$ দ্রবণ (*b*) 15 ml. 15 (N) NH_3 দ্রবণ।

(*c*) 20 ml. 9 (N) H_3PO_4 দ্রবণ। [*Ans.* (*a*) 3·3 গ্রাম; (*b*) 3·8 গ্রাম; (*c*) 4·9গ্রাম ;]

9. নিম্নলিখিত দ্রবণগুলি প্রস্তুত করিতে কত গ্রাম দ্রাব লাগিবে—

(*a*) 25 ml. 0·105 (N) H_2SO_4 ; (*b*) 20·5 ml. (N) NaOH [সহগ=0·95]

[*Ans.* (*a*) ·1019 (*b*) 1·09 গ্রাম]

10. নিম্নলিখিত দ্রবণগুলিতে দ্রাবের পরিমাণ নির্ণয় কর :—

(*a*) 2·5 লিটার KOH দ্রবণে 21 গ্রাম KOH আছে। (*b*) 400 ml. দ্রবণে 4·9 গ্রাম H_3PO_4 আছে। (*c*) 5% NaOH দ্রবণ। (*d*) প্রতি লিটার দ্রবণে 13·25 গ্রাম Na_2CO_3 আছে। [*Ans.* (*a*) 0·15 N ; (*b*) 0·45 N (*c*) 1·25 N [illegible] 0·25 N]

11. নিম্নলিখিত দ্রবণগুলিতে প্রতি লিটারে দ্রাবের পরিমাণ নির্ণয় কর :—

(*a*) 10 (N) HCl, (*b*) 3·44 (N) HNO_3, (*c*) $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 [স[illegible]=1·02]

(*d*) 40 (N) NH_3 [*Ans.* (*a*) 265 গ্রাম; (*b*) 216·72 গ্রাম; (*c*) 5·446 গ্রাম; (*d*) 680 গ্রাম]

12. 1000 ml. $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণ প্রশমিত করিতে কত ml. 10% Na_2CO_3 দ্রবণ প্রয়োজন হইবে? [*Ans.* 5·3 ml.]

13. 8·2 ml. $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl দ্রবণ প্রশমিত করিতে 10 ml. Na_2CO_3 দ্রবণ লাগে। Na_2CO_3 দ্রবণের শক্তি নির্ণয় কর। (*a*) নর্ম্যাল মাত্রায়। (*b*) প্রতি লিটারে পরিমাণ। [*Ans.* (*a*) ·082 (N) ; (*b*) 2·546 গ্রাম]

14. 0·5 গ্রাম $CaCO_3$ প্রশমিত করিতে 50 ml. লঘু HCl দ্রবণ লাগিল, অ্যাসিড দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা কত? [*Ans.* 2 (N)]

15. 15 ml. $\left(\frac{N}{2}\right)$ HCl, 120 ml. ·01 (N) HCl, 16·5 ml. $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl এবং 36·5 ml. $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl দ্রবণ মিশ্রিত করা হইল। দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা কত হইবে?

[*Ans.* ·056 (N)]

16. (a) 60 ml. 5 (N) NH_3 দ্রবণ প্রস্তুত করিতে কত ml. 15 (N) NH_3 দ্রবণ প্রয়োজন? [*Ans.* 20 ml.]

(b) 22·5 ml. 16 (N) HNO_3 দ্রবণে 60 ml. জল যোগ করা হইলে দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা কত হইবে? [*Ans.* 6 (N)]

(c) 30 ml. 1·2 (N) H_2SO_4 দ্রবণ প্রস্তুতিতে কত ml. 36 (N) H_2SO_4 প্রয়োজন? [*Ans.* 1 ml.]

(d) 10 ml. (N) HNO_3 দ্রবণে 50 ml. জল যোগ করা হইলে দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা কত হইবে? [*Ans.* $\frac{N}{6}$]

17. 50 ml. HCl দ্রবণে ml. 0·82 (N) NaOH দ্রবণযুক্ত করার পর অতিরিক্ত অম্ল সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে 30 ml. 0·09 (N) Na_2CO_3 দ্রবণের প্রয়োজন হইল। অম্ল দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা এবং প্রতি লিটারে উহার পরিমাণ নির্ণয় কর।

[*Ans.* 0·464 (N) ; 16·9836 গ্রাম]

18. [illegible] ml. H_2SO_4 জলে দ্রবীভূত করিয়া উহার আয়তন 500 ml. করা হইল। 12·2 ml. [illegible] লঘু অম্লের দ্রবণ 22·7 ml. $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণকে সম্পূর্ণ প্রশমিত করে। সুতরাং 400 ml. উপরোক্ত অম্লের দ্রবণে কত ml. জল যোগ করিলে দ্রবণের শক্তিমাত্রা $\left(\frac{N}{10}\right)$ হইবে? [*Ans.* 490·1 ml.]

19. একটি চক ($CaCO_3$)-র নমুনায় $CaSO_4$ অবিশুদ্ধ আছে। 1 গ্রাম চককে 230ml. $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl দিয়া বিক্রিয়া করিবার পর অতিরিক্ত অম্ল প্রশমিত করিতে 8 ml. 0·45 (N) NaOH দ্রবণ লাগিল। নমুনায় $CaCO_3$ শতকরা পরিমাণ কত? [*Ans.* 47%]

20. অম্ল ও ক্ষারের প্রশমন ক্রিয়ার আয়নীয় সংজ্ঞা ব্যাখ্যা কর।

25 ml. $\left(\frac{N}{20}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণ (সহগ=1·05) প্রশমিত করিতে 19·5 ml. H_2SO_4 দ্রবণ প্রয়োজন হয়। অ্যাসিড দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা এবং প্রতি লিটারে উহার পরিমাণ নির্ণয় কর। এই অম্লের কত ml. কে জল দ্বারা লঘু করিলে 1 লিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ পাওয়া যাইবে?

[*Ans.* 746·27 ml.]

21. 125 ml. একটি দ্রবণে 0·4940 গ্রাম NaOH আছে। দ্রবণটিকে (*a*) নর্ম্যাল ও (*b*) ডেসিনর্ম্যাল মাত্রায় প্রকাশ করিলে মাত্রার সহগ (factor) কত হইবে? ঐ কস্টিক সোডা দ্রবণের 25 ml-কে প্রশমিত করিতে কত ml. (N/5) মাত্রার অ্যাসিড দ্রবণের প্রয়োজন হইবে?] [*Ans.* (*a*) 0·988 ; (*b*) 0·0988 ; 12·35 ml.]

22. [0·53 গ্রাম Na_2CO_3 100 ml. 1·25 $\left(\frac{N}{100}\right)$ সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণে মেশানো হইল। উৎপন্ন দ্রবণটি অম্লীয় না ক্ষারীয় হইবে? ঐ মিশ্রণকে প্রশমিত করিতে কত আয়তন 0·75 $\left(\frac{N}{10}\right)$ মাত্রার অ্যাসিড বা ক্ষার লাগিবে? [*Ans.* আম্লিক, 33·3 ml. (ক্ষার)]

23. 25 ml. 1·12 $\left(\frac{N}{10}\right)$ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণকে প্রশমিত করিতে একটি সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের 24 ml. লাগে। অ্যাসিডটির মাত্রা নর্ম্যালিটিতে ও লিটার-প্রতি গ্রামে প্রকাশ কর। [*Ans.* 1·67 1N/10 ; 5·733 gms./litre]

24. সোডিয়াম কার্বনেটের একটি দ্রবণে প্রতি লিটারে 6·0 গ্রাম অনার্দ্র Na_2CO_3 আছে। ঐ দ্রবণের 25 ml. কে প্রশমিত করিতে একটি সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের 30 ml. প্রয়োজন হয়। অ্যাসিড দ্রবণের মাত্রা নর্ম্যালিটিতে ও লিটার-প্রতি গ্রামে প্রকাশ কর। (At. wt. Na=23, C=12, S=32) [*Ans.* 0·0943 N]

25. NaOH ও Na_2CO_3-র একটি মিশ্রণের 0·465 গ্রামকে প্রশমিত করিতে 100 ml. $\frac{N}{10}$ H_2SO_4 লাগে। মিশ্রণটিতে NaOH ও Na_2CO_3 শতকরা কত ভাগ আছে? [*Ans.* $NaOH_2$ 43·01% ; Na_2CO_3=56·99%]

26. পর্যাপ্ত ফেরাস সালফাইডের সহিত একটি লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের 125 ml. মিশাইতে 0°C ও 760 mm. চাপে 560 ml. শুষ্ক হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস পাওয়া গেল। অ্যাসিড দ্রবণটির নর্ম্যাল-মাত্রা কত? [*Ans.* 0·4N]

27. ক্যালসিয়াম সালফেট-মিশ্রিত একটি খড়িমাটির নমুনার 1 গ্রামের সহিত 23 ml. (N) HCl দ্রবণ মিশ্রিত করা হইল। উদ্বৃত্ত অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে 40 ml. $\left(\frac{N}{10}\right)$ কস্টিকসোডা দ্রবণের প্রয়োজন হইল। খড়িমাটি নমুনাটি শতকরা কত ভাগ বিশুদ্ধ? [*Ans.* 95%]

28. তোমাকে একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ দেওয়া হইল। উহাতে 34·5% HCl আছে ও উহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·175, 10 গ্রাম NaOHকে প্রশমিত করিতে ঐ অ্যাসিড-দ্রবণের কত আয়তন প্রয়োজন হইবে? [*Ans.* 22·5 ml.]

29. একটি কস্টিক পটাশ দ্রবণে লিটার-প্রতি 40 গ্রাম KOH আছে। ঐ দ্রবণের কোন আয়তনকে প্রশমিত করিতে একটি সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্বিগুণ আয়তন প্রয়োজন হয়। অ্যাসিড-দ্রবণটির 28 ml. কে প্রশমিত করিতে কত আয়তন $\left(\frac{N}{2}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণ লাগিবে?]

[*Ans.* 20 ml.)

30. একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড-দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় করিবার নিমিত্ত উহার 50 ml. আয়তনে 7 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট মেশানো হইল। বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হইবার পর দেখা গেল যে 2 গ্রাম $CaCO_3$ অবিকৃত রহিয়াছে। অ্যাসিডটির মাত্রা (*a*) লিটার-প্রতি গ্রামে ও (*b*) নর্ম্যালিটিতে প্রকাশ কর।) [*Ans.* (*o*) লিটার প্রতি 73 গ্রাম ; (*b*) 2N.]

14

গ্যাসমিতি
(Eudiometry)

এমন অনেক রাসায়নিক বিক্রিয়া আছে যাহাতে বিকারক এবং বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলি সকলই গ্যাসীয় পদার্থ। এই সকল হইতে বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির সঠিক পরিমাণ বা তাহাদের পরিমাণের অনুপাত নির্ণয় করিবার জন্য ঐ সকল পদার্থের আয়তন নির্ণয় করা প্রয়োজন হয় এবং ইহার জন্য বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ গ্যাসীয় পদার্থগুলির আয়তনের মধ্যে যে সম্পর্ক বিদ্যমান তাহাও জানার প্রয়োজন হয়।

যে পদ্ধতিতে গ্যাসীয় পদার্থের আয়তনগুলির সম্পর্কের উপর নির্ভর করিয়া উহাদের পরিমাণ নির্ণয় করা সম্ভব তাহাকে গ্যাসমিতি (Eudiometry) বলে।

এই পদ্ধতির তত্ত্ব ও গণনা-কৌশল প্রধানত নিম্নলিখিত কয়েকটি সূত্রের উপর নির্ভরশীল।

14·1. গে-লুসাকের গ্যাস আয়তন সূত্র ঃ বিভিন্ন বিক্রিয়ক গ্যাসীয় পদার্থগুলির আয়তন (সমচাপ ও তাপমাত্রায়) এই বিক্রিয়ালব্ধ গ্যাসীয় পদার্থগুলির আয়তনের (একই চাপ ও তাপমাত্রায়) মধ্যে একটি সরল অনুপাত বর্তমান থাকে। যথা ঃ

N_2 (1-আয়তন)+$3H_2$ (3-আয়তন)$\longrightarrow$$2NH_3$ (2-আয়তন); এই বিক্রিয়ায় বিকারক (N_2 এবং H_2) ও বিক্রিয়ালব্ধ (NH_3) গ্যাসীয় পদার্থগুলির আয়তনের অনুপাত, $N_2 : H_2 : NH_3 = 1 : 3 : 2$; ইহা একটি সরল অনুপাত।

14·2. অ্যাভোগাড্রোর সূত্র ঃ সম-চাপ ও তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তন বিভিন্ন গ্যাসীয় পদার্থে অণুর সংখ্যা সমান এবং প্রমাণ অবস্থায় (অর্থাৎ 0°C তাপমাত্রায় এবং 760 mm. চাপে) এক গ্রাম অণু গ্যাসে অণুর সংখ্যা হইল $6{\cdot}023 \times 10^{23}$; ইহাকে **অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা** বলে।

14·3. বয়েলের সূত্র ঃ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় (T) কোন নির্দিষ্ট পরিমাণে গ্যাসের আয়তন (V), উহার চাপের (P) ব্যস্তানুপাতিক অর্থাৎ, $V \propto \frac{1}{P}$, বা, PV=ধ্রুবক বা নিত্য সংখ্যা (যখন T স্থির থাকে।)

14·4. চার্লসের সূত্র ঃ নির্দিষ্ট চাপে (P) কোন নির্দিষ্ট পরিমাণে গ্যাসের আয়তন (V) উহার পর তাপমাত্রার (T) সমানুপাতিক অর্থাৎ, $V \propto T$ বা $\frac{V}{T}$=ধ্রুবক বা নিত্য সংখ্যা, [যখন P স্থির থাকে]।

14·5. বয়েল ও চার্লস্ সূত্রদ্বয়ের সমন্বয় (Combination of Boyle's and Charles' laws) ঃ

কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের T_1 তাপমাত্রায় ও P_1 চাপে আয়তন V_1 হইলে, $\frac{P_1V_1}{T_1}=K$, যেখানে K একটি নিত্য সংখ্যা।

এখানে P_1 চাপে ও T_1 তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন V_1 এবং উহা P_2 চাপে ও T_2 তাপমাত্রায় V_2 আয়তনে পরিণত হইল।

(i) এখন চাপ P_1-তে স্থির রাখিলে, গ্যাসের তাপমাত্রা T_1 হইতে T_2 করিলে আয়তন V_1 হইতে V'-এ পরিণত হইল।

সুতরাং চার্লসের সূত্র হইতে লেখা যায়, $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V'}{T_2}$; অথবা, $V'=V_1.\frac{T_2}{T_1}$ .. ....(i)

(ii) আবার, তাপমাত্রা T_2-তে স্থির রাখিলে, গ্যাসের চাপ P_1 হইতে P_2 করিলে আয়তন V' হইতে V_2 হইবে,

সুতরাং বয়েলের সূত্র হইতে লেখা যায়, $P_1V'=P_2V_2$; $V'=\frac{P_2V_2}{P_1}$......(ii)

(i) ও (ii) নং সমীকরণ হইতে লেখা যায়, $\frac{V_1T_2}{T_1}=\frac{P_2V_2}{P_1}$, বা $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$;

14·6. ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র ঃ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিভিন্ন গ্যাসের একটি নির্দিষ্ট মিশ্রণে (P) তাহা ঐ তাপমাত্রা মিশ্রণের উপাদান গ্যাসগুলির আংশিক চাপের (p_1, p_2, p_3 ..) যোগফল অর্থাৎ, $P=p_1+p_2+p_3+$..

এই সকল সূত্রের সাহায্যে গ্যাসমিতি পদ্ধতির মাধ্যমে নিম্নলিখিত বিষয়গুলির গণনাও নির্ণয় করা হইয়া থাকে ঃ

(i) সাধারণ সরল বিক্রিয়ার বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ গ্যাসীয় পদার্থগুলির পরিমাণ বা পরিমাণের অনুপাত নির্ণয়, (ii) গ্যাসীয় মিশ্রণের আয়তন-সংযুতি নির্ণয়, (iii) গ্যাসীয় যৌগের আণবিক সংকেত নির্ণয়, (iv) হাইড্রোকার্বন জাতীয় যৌগের আণবিক সংকেত নির্ণয়।

উদাহরণ ঃ 1. 100 ml. অ্যাসিটিলিনকে (C_2H_2) সম্পূর্ণরূপে জারিত করিতে কত আয়তন অক্সিজেন আবশ্যক ?

প্রশ্নে বর্ণিত বিক্রিয়াটির সমীকরণ ঃ $2C_2H_2+5O_2=4CO_2+2H_2O$

2-আয়তন 5-আয়তন

ইহা স্পষ্ট যে, 2-আয়তন অ্যাসিটিলিনের জন্য 5-আয়তন অক্সিজেন প্রয়োজন। সুতরাং, 100 ml. অ্যাসিটিলিনের জন্য $\frac{5}{2}\times100$ ml. বা 250 ml. অক্সিজেন প্রয়োজন।

2. 200 ml. কার্বন মনক্সাইড এবং 90 ml. অক্সিজেনের মিশ্রণে বিস্ফোরণ ঘটান হইল। বিক্রিয়া শেষে কস্টিক পটাস দ্রবণের সহিত ঝাঁকাইলে কোন গ্যাস অবশিষ্ট থাকিবে কি ?

$2CO$ (2-আয়তন)$+O_2$ (1-আয়তন)$=2CO_2$ (2-আয়তন)

1-আয়তন অক্সিজেন 2-আয়তন কার্বন মনক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করে।

∴ 90 ml. অক্সিজেন অবশ্যই 180 ml. কার্বন মনক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিবে। স্পষ্টতঃই 180 ml. কার্বন মনক্সাইড উহার সম-আয়তনে কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইবে। যেহেতু 180 ml. কার্বন মনক্সাইড বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে, (200 – 180) ml. বা 20 ml. কার্বন মনক্সাইড উদ্বৃত্ত থাকে। সুতরাং বিস্ফোরণের পর 20 ml. কার্বন মনক্সাইড এবং 180 ml. কার্বন ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ পাওয়া যায়। কিন্তু পটাশ দ্রবণ কেবল কার্বন ডাই-অক্সাইডকে শোষণ করে বলিয়া 20 ml. কার্বন মনক্সাইড গ্যাস অবশিষ্ট থাকিবে।

3. লোহিত তপ্ত অঙ্গারের উপর দিয়া কার্বন মনক্সাইড এবং ডাই অক্সাইডের 1 লিটার মিশ্রণ প্রবাহিত করাইলে 1600 ml. কার্বন মনক্সাইড উৎপন্ন হয় (চাপ ও তাপমাত্রা অপরিবর্তিত)। মিশ্রণটির সংযুতি নির্ণয় কর।

মনে কর মিশ্রণে কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন x ml.। অতএব, কার্বন মনক্সাইডের আয়তন $(1000 - x)$ ml.। কার্বন ডাই-অক্সাইডের মনক্সাইডে পরিণতির সমীকরণঃ
CO_2 (1-আয়তন) + C = 2CO (2-আয়তন)

∴ x ml. কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে $2x$ ml. কার্বন মনক্সাইড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়ার পূর্বে মিশ্রণে $(1000 - x)$ ml. কার্বন মনক্সাইড ছিল এবং বিক্রিয়ার ফলে আরও $2x$ ml. কার্বন মনক্সাইড উৎপন্ন হওয়াতে বিক্রিয়া শেষে কার্বন মনক্সাইডের মোট আয়তন হইবে $[(1000 - x) + 2x]$ ml. প্রশ্নানুসারে,

∴ $1000 - x + 2x = 1600$ বা, $x = 600$ ml. অতএব, মিশ্রণে 600 ml. কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং (1000 – 600) ml. বা 400 ml. কার্বন মনক্সাইড ছিল।

4. নাইট্রাস ও নাইট্রিক অক্সাইডের কোন মিশ্রণের 60 ml. এর সহিত উহার সম-আয়তন হাইড্রোজেন মিশ্রিত করা হইল। ঐ মিশ্রণে তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ পাঠাইলে 38 ml. নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়। মিশ্রণে উপাদানদ্বয় কি কি পরিমাণ ছিল?

মনে কর, নাইট্রাস অক্সাইডের আয়তন x ml.।

সুতরাং নাইট্রিক অক্সাইডের আয়তন $= (60 - x)$ ml.। সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াগুলি হইলঃ

$N_2O + H_2 = N_2 + H_2O$; $2NO + 2H_2 = N_2 + 2H_2O$
1-আয়তন 1-আয়তন 2-আয়তন 1-আয়তন

∴ x ml. নাইট্রাস অক্সাইড হইতে x ml. নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়, এবং $(60 - x)$ ml. নাইট্রিক অক্সাইড হইতে উহার অর্ধ-আয়তন অর্থাৎ $\left(\frac{60 - x}{2}\right)$ ml. নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়।

∴ $(60 - x)/2 + x = 38$ বা, $60 - x + 2x = 76$ বা $x = 16$; অতএব নাইট্রাস অক্সাইডের আয়তন 16 ml. এবং নাইট্রিক অক্সাইডের আয়তন (60 – 16) ml. বা 44 ml.

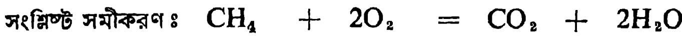
5. প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 25 ml. মিথেনের সহিত 27°C উষ্ণতা এবং 740 mm. চাপে 330 ml. বায়ু মিশ্রিত করা হইল। তড়িৎ স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে উক্ত মিশ্রণে বিস্ফোরণ ঘটান হইল। বায়ুতে আয়তন হিসাবে শতকরা 20 ভাগ অক্সিজেন এবং 80 ভাগ নাইট্রোজেন

থাকিলে বিস্ফোরণের পর যে গ্যাস অবশিষ্ট থাকে 17°C এবং 750 mm. চাপে উহার আয়তন কত?

মনে কর 27°C উষ্ণতা এবং 750 mm. চাপের 300 ml. বায়ু প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় V ml. পরিণত হয়।

$$\therefore \quad \frac{300\times750}{273+27}=\frac{V\times760}{273} \text{ বা, } V=\frac{300\times750}{300}\times\frac{273}{760}=269{\cdot}4 \text{ ml.}$$

যেহেতু 100 ml. বায়ুতে 20 ml. অক্সিজেন থাকে, 269·4 ml. বায়ুতে $(\frac{20}{100}\times269{\cdot}4)$ ml. বা 53·88 ml. অক্সিজেন এবং $(\frac{80}{100}\times269{\cdot}4)$ ml. বা, 215·52 নাইট্রোজেন আছে।



সংশ্লিষ্ট সমীকরণঃ $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$

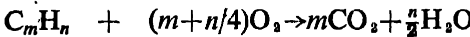
1-আয়তন 2-আয়তন 1-আয়তন

∴ 25 ml. মিথেনকে জারিত করিতে 50 ml. অক্সিজেন আবশ্যক এবং 25 ml. মিথেন হইতে 25 ml. কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয়। অতএব, বিস্ফোরণের পর (53·88 − 50) ml. বা 3·88 ml. অক্সিজেন, 215·52 ml. নাইট্রোজেন এবং 25ml. কার্বন ডাই-অক্সাইডের এক মিশ্রণ পাওয়া যায়। ইহাদের যুক্ত আয়তন=(3·88+215·52+25) ml. বা 244·40 ml.। মনে কর, প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতার এই 244·40 ml. গ্যাস 17°C উষ্ণতা এবং 750 mm. চাপে V_1 ml.-তে পরিণত হয়।

$$\text{অতএব, } \frac{244{\cdot}40\times760}{273}=\frac{V_1\times750}{17+273}; \quad \therefore V_1=265 \text{ ml.}$$

6. 10 ml. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সহিত অতিরিক্ত অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া উহাকে সম্পূর্ণরূপে জারিত করিয়া দেখা গেল যে, আয়তন 25 ml. হ্রাস পাইল। কস্টিক পটাশ সংস্পর্শে আরও 30 ml. আয়তনের সংকোচন ঘটিল। হাইড্রোকার্বনটির সংকেত নির্ণয় কর।

মনে কর, হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত C_mH_n। হাইড্রোকার্বনটির সহিত অক্সিজেনের বিক্রিয়ার সমীকরণটিঃ



$$C_mH_n + (m+n/4)O_2 \rightarrow mCO_2+\frac{n}{2}H_2O$$

10 ml. 10(m+n/4) ml. 10m ml.

উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন=দ্বিতীয় সংকোচন=30 ml.

∴ $10m=30$ বা, $m=3$.

হাইড্রোকার্বনের আয়তন+বিক্রিয়ায় ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন—উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন=প্রথম সংকোচন=25 ml.

∴ ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন=(25+30−10) ml. বা 45 ml.

অতএব, $10(m+n/4)=45$, বা $10(3+n/4)=45$

বা $n=6$। ∴ নির্ণেয় সংকত C_3H_6

7. 15 ml. কোন গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সহিত 35 ml. অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া তড়িৎস্ফুলিঙ্গ প্রয়োগে সম্পূর্ণরূপে জারিত করিলে গ্যাসের আয়তন 20 ml. হয়। হাইড্রোকার্বনটির বাষ্প-ঘনত্ব 8 হইলে উহার আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

জারণের ফলে সংকোচন $=(15+35-20)$ ml. বা 30 ml.। এখানে সংকোচন $=$ হাইড্রোকার্বনের আয়তন $+$ হাইড্রোকার্বনের কার্বন এবং হাইড্রোজেনের জারণে ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন—উদ্ভূত কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন বা, সংকোচন $=15+x+y-$(উদ্ভূত কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন); x এবং y যথাক্রমে কার্বন এবং হাইড্রোজেনের জারণে ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন নির্দেশ করে। যেহেতু কার্বন ডাই-অক্সাইড উহার সম-আয়তন অক্সিজেন হইতে উদ্ভূত, x ml. অক্সিজেন x ml. কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$\therefore$ পূর্বোক্ত সংকোচন $=15+x+y-x=15+y$। অতএব, $15+y=30$। বা, $y=15$। অতএব, হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেন জারিত করিতে 15 ml. অক্সিজেন ব্যয়িত হইয়াছে এবং এই অক্সিজেন অবশ্যই 30 ml. হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে। সুতরাং 15 ml. হাইড্রোকার্বন হইতে 30 ml. হাইড্রোজেন পাওয়া গিয়াছে। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী, 1-টি হাইড্রোকার্বন অণুতে 2টি হাইড্রোজেন অণু বা 4টি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। যদি হাইড্রোকার্বনের একটি অণুতে m-সংখ্যক কার্বন পরমাণু থাকে, তবে হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত হইবে CH_4।

যেহেতু হাইড্রোকার্বনটির বাষ্প-ঘনত্ব 8, উহার আণবিক গুরুত্ব 16.

অতএব, $12m+4=16$ বা, $m=1$.

$\therefore$ নির্ণেয় আণবিক সংকেত, CH_4

প্রশ্ন

1. 100 ml. মিথেনকে সম্পূর্ণ জারিত করিতে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে কত আয়তন অক্সিজেন আবশ্যক? [*Ans*. 200 ml.]

2. বায়ুতে আয়তন হিসাবে শতকরা 20 ভাগ অক্সিজেন আছে। 50 ml. মিথেন সম্পূর্ণরূপে জারিত করিতে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় কত আয়তন বায়ু আবশ্যক? [*Ans*. 500ml.]

3. 100 ml. কার্বন মনক্সাইডের সহিত 30 ml. অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটান হইল। উৎপন্ন মিশ্রণে কস্টিক পটাস দ্রবণ যোগ করিয়া ঝাকান হইলে কত আয়তন গ্যাস অবশিষ্ট থাকিবে? অবশিষ্ট গ্যাসটির নাম উল্লেখ কর। [*Ans*. 40 ml.কার্বন মনক্সাইড]

4. মিথেন এবং হাইড্রোজেনের 20 ml. এক মিশ্রণে 30 ml. অক্সিজেন যোগ করিয়া বিস্ফোরণ ঘটান হইল। শৈত্য প্রয়োগে আয়তন 15 ml.-তে পরিণত হইল। কস্টিক পটাসের সংস্পর্শে আয়তন আরও হ্রাস পাইয়া 5 ml. হইল। সকল পরিমাপ প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় করা হইয়াছে ধরিয়া লইয়া মূল মিশ্রণে কোন্ উপাদান কত ওজনে ছিল তাহা নির্ণয় কর।
[*Ans*. মিথেন 0·0072 গ্রাম, হাইড্রোজেন 0·0009 গ্রাম]

5. একটি গ্যাসীয় মিশ্রণে 50% H_2, 40% CH_4 এবং 10% অক্সিজেন আছে। 27°C উষ্ণতা এবং 750 mm. চাপে পরিমিত 200 ml. এই গ্যাস মিশ্রণকে সম্পূর্ণরূপে দগ্ধ করিতে আরও কত আয়তন প্রমাণ উষ্ণতা এবং চাপে অক্সিজেন আবশ্যক? [*Ans*. 170·52 ml.]

6. অতিরিক্ত অক্সিজেন সহযোগে 20 ml. গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনে বিস্ফোরণ ঘটান হইল। বিস্ফোরণের ফলে আয়তনের 30 ml. সংকোচন হয়। কস্টিক পটাস সংস্পর্শে পুনরায় 40 ml. আয়তন সংকোচন হয়। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত কি হইবে? [*Ans.* C_2H_2]

7. একটি গ্যাসমান-নলে তড়িৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা 15 ml. অ্যামোনিয়া সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত করা হইল। অতঃপর 40 ml. অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া উৎপন্ন মিশ্রণে বিস্ফোরণ ঘটান হইল। এই বিস্ফোরণের (a) পূর্বে এবং (b) পরে কি কি গ্যাস থাকে এবং উহাদের নিজ নিজ আয়তন কত?

[*Ans.* N_2 7·5 ml.; H_2 22·5 ml.; O_2 40 ml. এবং পরে কেবল N_2 7·5 ml. O_2 28·75 ml.]

8. 30 ml. মিথেনের সহিত, পূর্ণ দহনের জন্য যতটুকু অক্সিজেন প্রয়োজন ঠিক ততটুকু অক্সিজেন মিশাইয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। কত আয়তন অক্সিজেনের প্রয়োজন হইয়াছিল? উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন কত? [*Ans.* 60 ml. O_2. 30 ml. CO_2]

9. কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের একটি মিশ্রণের 100 ml. লইয়া 100 ml. অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করা হইল। এই মিশ্রণকে বিস্ফোরিত করিবার পর ঠাণ্ডা করিয়া দেখা গেল যে অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন 90 ml. হইয়াছে। একই তাপমাত্রা ও চাপে প্রারম্ভিক গ্যাস মিশ্রণে কত আয়তন কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন ছিল?

[*Ans.* CO=40 ml. H_2=60 ml.]

10. একটি সিলিণ্ডারের 5 বায়ু-চাপে 100 লিটার গ্যাস আছে। উহা হইতে কিছু পরিমাণ গ্যাস বাহির করিয়া লইয়া দেখা গেল যে বহিষ্কৃত গ্যাসের আয়তন 1 বায়ু-চাপে 40 লিটার। এই প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন না হইলে, সিলিণ্ডারের অবশিষ্ট গ্যাসের চাপ কত?

[*Ans.* 4·5 বায়ু-চাপ]

11. পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতিতে 23°C তাপমাত্রায় ও 800 mm. চাপে জলের উপর 100 ml. অক্সিজেন সংগ্রহ করা হইল। প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় ঐ অক্সিজেনের আয়তন কত হইবে? (23°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ=21 mm.)

[*Ans.* 94·54 ml.]

12. 17°C তাপমাত্রায় ও 740 mm. চাপে জলের উপর 100 ml. হাইড্রোজেন সংগ্রহ করা হইল। যদি প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় 1 ml. শুষ্ক হাইড্রোজেনের ওজন 0·000089 গ্রাম হয়, তবে সংগৃহীত হাইড্রোজেনের ওজন কত? (17°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ =14·53 mm.) [*Ans.* 0·007998 গ্রাম]

13. একটি সিলিণ্ডারে 27°C তাপমাত্রায় ও 100 বায়ু-চাপে হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা ভর্তি করা আছে। ঐ গ্যাস দ্বারা 21 cm. ব্যাস-বিশিষ্ট কতগুলি গোলাকার বেলুন প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় ভর্তি করা যাইবে যদি ঐ সিলিণ্ডারটির ভিতরের আয়তন 27°C তাপমাত্রায় 2·82 লিটার হয়? [*Ans.* 52টি]

14. একটি উদ্বায়ী তরল পদার্থের 1·19 গ্রাম লইয়া সম্পূর্ণরূপে বাষ্পায়িত করা হইল। 27°C তাপমাত্রা ও 755 mm. চাপে ঐ বাষ্পের আয়তন 216 ml.। তরল পদার্থটির আণবিক ওজন কত? [*Ans.* 133·2]

15. (a) 27°C তাপমাত্রায় ও 760 mm. চাপে 10 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে কত মোল কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস আছে?

(b) 50°C তাপমাত্রায় ও 760 mm. চাপে একটি গ্যাসের ঘনত্ব 3·43 গ্রাম/লিটার হইলে গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব কত? [*Ans.* (a) 0·407 মোল,(b) 119]

অজৈব রসায়ন

(Inorganic Chemistry)

1 অক্সিজেন

(Oxygen)

1·1. পরিচয় ঃ পৃথিবীর প্রাণিকুল যে-পদার্থটির জন্য বাঁচিয়া আছে, যে-পদার্থটির জন্য পৃথিবীতে আগুন জ্বালানো সম্ভব এবং যে-পদার্থটি পরিমাণে ভূ-পৃষ্ঠের সমগ্র পদার্থের প্রায় অর্ধেক—সেই পদার্থটির নাম অক্সিজেন। মৌলরূপে এবং গ্যাসীয় অবস্থায় বায়ুতে অক্সিজেন পাওয়া যায়।

1778-খৃষ্টাব্দে বৃটিশ বিজ্ঞানী প্রিস্টলী ও জার্মান বংশজাত সুইডিশ বিজ্ঞানী শীলি আলাদা-ভাবে অক্সিজেন আবিষ্কার করেন। তাঁহাদের আবিষ্কৃত পদার্থটির যথার্থ পরিচয় দিতে সক্ষম হন ফরাসী বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার এবং অক্সিজেন নামটিও তিনি প্রথম ব্যবহার করেন। অক্সিজেনের অর্থ 'অম্লজান' অর্থাৎ অ্যাসিড উৎপাদক। ল্যাভয়সিয়ারের ধারণা ছিল যে, সব অ্যাসিডের মধ্যেই অক্সিজেন পাওয়া যায়। কিন্তু এই ধারণা ঠিক নয়। তবু ল্যাভয়সিয়ারের দেওয়া অক্সিজেন নামটিই এখনও প্রচলিত রহিয়াছে।

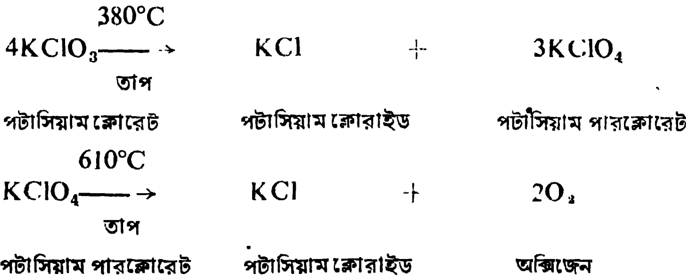
অক্সিজেনের প্রতীকচিহ্ন—O ; ইহার মৌলিক অণুর সংকেত—O_2,

যোজ্যতা—2, পারমাণবিক ওজন—16 এবং আণবিক ওজন—32.

1·2. প্রাপ্তি (Occurrence) ঃ বায়ুর পাঁচ ভাগের মধ্যে এক ভাগ অক্সিজেন। তাই বায়ুই মুক্ত অক্সিজেনের প্রধান ভাণ্ডার। ভূ-পৃষ্ঠের বস্তুরাশির প্রায় শতকরা পঞ্চাশ ভাগ অক্সিজেন এবং ওজন হিসাবে জলের প্রায় শতকরা 89 ভাগ অক্সিজেন দ্বারা গঠিত।

1·3. প্রস্তুতি (Preparation) ঃ

(a) **রসায়নাগারের পদ্ধতি (Laboratory process) ঃ (i) রাসায়নিক তত্ত্ব** (Chemical principle)—রসায়নাগারে অক্সিজেন উৎপাদন করা হয় সাধারণত **পটাসিয়াম ক্লোরেট** ($KClO_3$) হইতে। পটাসিয়াম ক্লোরেট উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিলেই অক্সিজেন নির্গত হয়। বিক্রিয়াটি ঘটে দুই পর্যায়ে।



$$4KClO_3 \xrightarrow[\text{তাপ}]{380°C} KCl + 3KClO_4$$

পটাসিয়াম ক্লোরেট   পটাসিয়াম ক্লোরাইড   পটাসিয়াম পারক্লোরেট

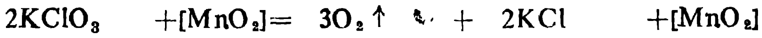
$$KClO_4 \xrightarrow[\text{তাপ}]{610°C} KCl + 2O_2$$

পটাসিয়াম পারক্লোরেট   পটাসিয়াম ক্লোরাইড   অক্সিজেন

পটাসিয়াম ক্লোরেটের সঙ্গে **ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড** (MnO_2) মিশাইয়া দিলে স্বল্প তাপে এবং তাড়াতাড়ি অক্সিজেন নির্গত হয়। ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড নিজে রাসায়নিক বিক্রিয়ায়

অংশ গ্রহণ করে না; শুধু পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে অক্সিজেন উৎপাদনের কাজ স্বল্পতর তাপে দ্রুততর করে। এরূপ বিক্রিয়ায় ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডকে **অনুঘটক** (catalyst) বলা হয়।

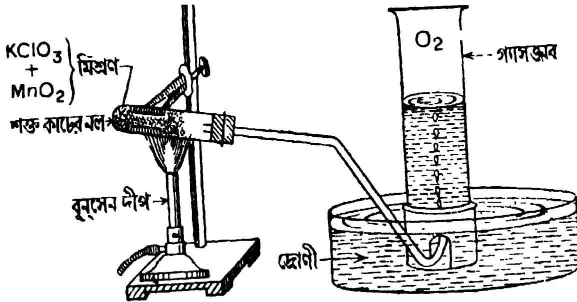
(ii) রাসায়নিক বিক্রিয়া (Chemical reaction) ঃ ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড মিশ্রিত করিলে পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে 200°C—240°C-এ অক্সিজেন নির্গত হইতে আরম্ভ করে। কিন্তু ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডের কোন পরিবর্তন হয় না। বিক্রিয়া ঃ



$$2KClO_3 + [MnO_2] = 3O_2\uparrow + 2KCl + [MnO_2]$$

পটাসিয়াম ক্লোরেট — অক্সিজেন — পটাসিয়াম ক্লোরাইড

(iii) প্রস্তুতি ঃ চার ভাগ ওজন পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরেটের সঙ্গে এক ভাগ ওজন পরিমাণ ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড উত্তমরূপে মিশাইয়া ঐ মিশ্রণ একটি শক্ত মোটা পরীক্ষা-নলের (Hard



অক্সিজেন প্রস্তুতির যান্ত্রিক কাঠামো

glass test tube) প্রায় অর্ধেক পরিমাণে ভরা হয়। পরীক্ষা-নলের মুখটি ছিদ্র বিশিষ্ট কর্ক দিয়া আটকানো থাকে এবং ছিদ্র পথে একটি **নির্গম নল** (delivery tube) লাগান হয়। নির্গম-নলের ঊর্ধ্বমুখী মাথাটি একটি জল-ভরা দ্রোণীতে থাকে।

পটাসিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ-ভরা পরীক্ষা-নলটি একটি লোহার আংটা দিয়া আটকাইয়া সামনের দিকে একটু ঢালু করিয়া ধারকের সাহায্যে ফিট করিতে হয়। এখন মিশ্রণ-ভরা পরীক্ষা-নলটি বুনসেন দীপে সমভাবে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হইতে আরম্ভ করে। কিছুটা গ্যাস প্রথমে দ্রোণীর জলের ভিতর দিয়া বুদবুদের আকারে বাহির করিয়া দেওয়া হয়। পরীক্ষা-নলের ফাঁপা অংশে যে-বায়ু ছিল প্রথমে তাহা এইভাবে বাহির হইয়া যায়। অক্সিজেন গ্যাস প্রবল বেগে নির্গত হইতে আরম্ভ করিলে বুনসেন দীপ সরাইয়া তাপ নিয়ন্ত্রণ করিতে হয়।

এই গ্যাসজারে জল ভরিয়া নির্গম-নলের মুখ উপুড় করিয়া দ্রোণীর মধ্যে রাখা হয়। পরীক্ষা-নল হইতে অক্সিজেন গ্যাস নির্গম নলের মাধ্যমে বাহির হইয়া বুদবুদের আকারে গ্যাসজারের জল সরাইয়া জারের মধ্যে জমা হয়। কিছুক্ষণের মধ্যেই গ্যাসজারের সমস্ত জল সরাইয়া জারটি

অক্সিজেন গ্যাসে ভরিয়া যায়। একটি ঢাক্‌নি অর্থাৎ কাচের চাকতি দিয়া গ্যাসজারের মুখটি বন্ধ করিয়া অক্সিজেন-পূর্ণ গ্যাসজার দ্রোণী হইতে উঠাইয়া লওয়া হয়।

(iv) **পরীক্ষার সতর্কতা (Precautions)**: পটাসিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড ভাল করিয়া মিশ্রিত করা প্রয়োজন। পরীক্ষা-নলের মিশ্রণ ধীরে ধীরে এবং প্রথমে সামনের দিকে উত্তপ্ত করা দরকার। পিছন দিকে উত্তপ্ত করিলে গ্যাসের পটাসিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ নির্গম-নলের মুখ বন্ধ করিয়া দেয় এবং তার ফলে পরীক্ষা-নল গ্যাসের চাপে ফাটিয়া যাইতে পারে। অক্সিজেন গ্যাস উৎপাদন বন্ধ হইলে লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে নির্গম-নলের মাথাটি যেন দ্রোণীর জলের উপরে ভাসিয়া থাকে। নির্গম-নলের মুখ যদি জলের নীচে থাকে তাহা হইলে নির্গম-নল দিয়া দ্রোণীর জল পরীক্ষা নলে ঢুকিয়া পড়িতে পারে। এইভাবে জল ঢুকিলে পরীক্ষা-নল ফাটিয়া যাইবে।

ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডে অনেক সময় কয়লার গুঁড়া মিশ্রিত থাকে। প্রথমে একটি শুষ্ক পরীক্ষা নলে ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড বুনসেন দীপে উত্তপ্ত করা প্রয়োজন। যদি পরীক্ষা-নলে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি না হয় তবে সেই ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড ব্যবহার করা হয়। ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডে অঙ্গার থাকিলে বিস্ফোরণ ঘটিতে পারে। বিকারক-পূর্ণ পরীক্ষা-নল নির্গম নলের দিকে একটু কাত করিয়া ফিট করা প্রয়োজন। অন্যথায় নির্গম-নলের মুখ বন্ধ হইয়া যাইতে পারে।

অনুঘটন ও অনুঘটক (Catalysis and Catalyst): কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া কোন নির্দিষ্ট পরিবেশে যে হারে চলিতে থাকে তাহা সুনির্দিষ্ট। পরিবেশের অথবা অবস্থার পরিবর্তনের বিক্রিয়া দ্রুততর বা মন্থরতর হইতে পারে। কিন্তু কোন কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় দেখা যায় যে পরিবেশ অর্থাৎ চাপ, তাপমাত্রা বা বিকারকের ঘনত্ব অভিন্ন থাকিলেও কোন রাসায়নিক বস্তুর উপস্থিতির জন্য বিক্রিয়াটি দ্রুততর অথবা মন্থরতর হইতে পারে। কিন্তু ঐ রাসায়নিক ক্রিয়ায় সম্পর্কহীন ঐ বস্তুটির মধ্যে কোন প্রকার পরিবর্তন ঘটে না। এরূপ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে ঐ **রাসায়নিক বস্তুকে অনুঘটক এবং পদ্ধতিকে বলা হয় অনুঘটন।** উদাহরণস্বরূপ বলা যায়, শুধু পটাসিয়াম ক্লোরেট উচ্চ উষ্ণতায় (610°C) বিশ্লিষ্ট করিলেই অক্সিজেন তৈরী করা যায়। তবুও ইহার সঙ্গে ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড মিশাইবার প্রয়োজন হয় কেন? ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড হইতে অক্সিজেন তৈরী হয় না বা অক্সিজেন তৈরী করার সময় ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড কোন রাসায়নিক বিক্রিয়াতেও অংশ গ্রহণ করে না। ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডের কাজ শুধু পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে অক্সিজেন উৎপাদনের প্রক্রিয়াটি সহজ ও ত্বরান্বিত (200°C হইতে 240°C উষ্ণতায়) করিয়া দেওয়া। তাই অক্সিজেন প্রস্তুতিতে ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড অনঘটকের কাজ করে। বিক্রিয়া ত্বরান্বিত হইলে সংশ্লিষ্ট অনুঘটককে **পরা অনুঘটক** (Positive Catalyst) বলা হয়।

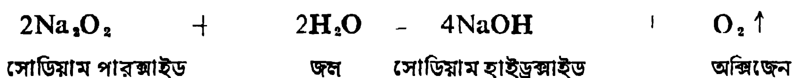
পক্ষান্তরে, যে অনুঘটক বিক্রিয়াকে মন্থর করে তাহাকে বলা হয়, **অপরা অনুঘটক** (Negative Catalyst)। **হাইড্রোজেন পারক্সাইড** এমনি রাখিয়া দিলে উহা ধীরে ধীরে

বিশ্লিষ্ট হইয়া জল ও অক্সিজেনে পরিণত হইতে থাকে। কিন্তু উহার মধ্যে কিছুটা **ফসফরিক অ্যাসিড** মিশাইয়া রাখিলে হাইড্রোজেন পারক্সাইড অনেকদিন স্থায়ী হয়। অথচ ফসফরিক অ্যাসিডের মধ্যে কোন রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে না। এখানে, ফসফরিক অ্যাসিড একটি অপরা অনুঘটক।

সংজ্ঞা : যে পদার্থ নিজে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ না করিয়া সেই রাসায়নিক বিক্রিয়াকে দ্রুততর বা মন্থরতর করিতে সাহায্য করে সেই পদার্থটিকে বলা হয় **অনুঘটক** (catalyst) এবং অনুঘটকের সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পাদনের পদ্ধতিকে বলা হয় **অনুঘটন** (catalysis)।

(b) **প্রস্তুতির অন্যান্য উপায়** (Other methods of preparation) :

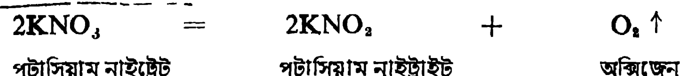
(i) **সোডিয়াম পারক্সাইড হইতে** (From Sodium Peroxide—Na_2O_2) : সোডিয়াম পারক্সাইডের সঙ্গে জলের বিক্রিয়া ঘটিলে **স্বাভাবিক তাপে** (at room temperature) অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।



$$2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2\uparrow$$

সোডিয়াম পারক্সাইড — জল — সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড — অক্সিজেন

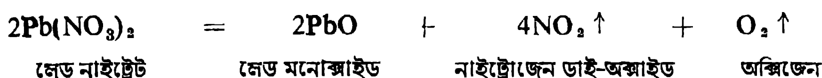
(ii) **সোরা** বা **নাইটার** বা **ধাতুর নাইট্রেট হইতে** (From Nitre or Metallic Nitrate) : পটাসিয়াম নাইট্রেট বা সোরা (KNO_3) সাধারণভাবে নাইটার নামে পরিচিত। সোরা উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হয়। বিক্রিয়া :



$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2\uparrow$$

পটাসিয়াম নাইট্রেট — পটাসিয়াম নাইট্রাইট — অক্সিজেন

লেড নাইট্রেট [$Pb(NO_3)_2$] উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন (O_2) ও বাদামী রঙের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস (NO_2) নির্গত হয়। এই গ্যাসমিশ্রণ জলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং অবশিষ্ট গ্যাসরূপে পাওয়া যায় অক্সিজেন। বিক্রিয়া :



$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$$

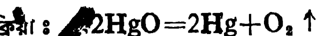
লেড নাইট্রেট — লেড মনোক্সাইড — নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড — অক্সিজেন

পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) উত্তপ্ত করিলেও অক্সিজেন নির্গত হয় এবং তৈরী হয় পটাসিয়াম ম্যাঙ্গানেট (K_2MnO_4) ও ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2)।



বিক্রিয়া : $2KMnO_4 = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2\uparrow$

(iii) **পারদের লাল-সর হইতে** (From Mercuric Oxide) : লালরঙের **মার্কিউরিক অক্সাইড** (HgO) কে উচ্চতাপে উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন নির্গত হয়।



বিক্রিয়া : $2HgO = 2Hg + O_2\uparrow$

(iv) **নাইট্রিক অ্যাসিড ও সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে** (From Nitric Acid and Sulphuric Acid) : নাইট্রিক অ্যাসিড ও সালফিউরিক অ্যাসিড অক্সিজেন

সমৃদ্ধ পদার্থ। ঘন নাইট্রিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড লোহিত তপ্ত (red hot) ঝামা পাথরের (pumice stone) উপরে ফোঁটা ফোঁটা আকারে ফেলিলে এরূপ অ্যাসিড অণু ভাঙ্গিয়া যায় এবং অন্যান্য গ্যাস সহ অক্সিজেন নির্গত হয়।

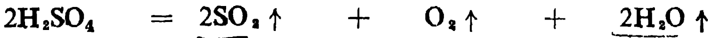
নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্ষেত্রে অক্সিজেনের সঙ্গে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও বাষ্প এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্ষেত্রে অক্সিজেনের সঙ্গে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও বাষ্প তৈরী হয়।

বিক্রিয়া :



$$4HNO_3 = 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow + 2H_2O\uparrow$$

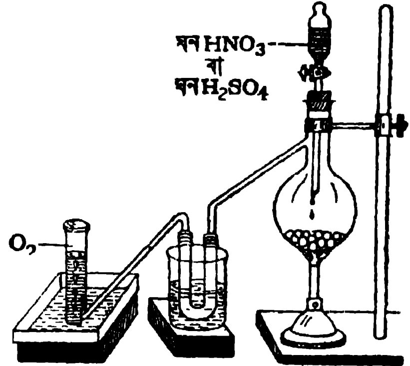
নাইট্রিক অ্যাসিড — নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড — অক্সিজেন — বাষ্প



$$2H_2SO_4 = 2SO_2\uparrow + O_2\uparrow + 2H_2O\uparrow$$

সালফিউরিক অ্যাসিড — সালফার ডাই-অক্সাইড — অক্সিজেন — বাষ্প

প্রস্তুতি : ধারক ও স্ট্যাণ্ডের সাহায্যে ঝামা পাথর ভরা একটি ফ্লাস্কের মুখে অ্যাসিড-ভরা একটি বিন্দুপাতী ফানেল (dropping funnel) ফিট করা হয়। ফ্লাস্কের সঙ্গে একটি নির্গম-নল যুক্ত থাকে। এই নির্গম-নলের অপর প্রান্ত একটি U-নলের (U-tube) সঙ্গে যুক্ত করা হয়। এই U-নল লবণ ও বরফ সংযোগে তৈরী হিমমিশ্রণের মধ্যে ডুবানো থাকে। U-নলের অপর মুখ আর একটি নির্গমনলের সঙ্গে ফিট করা থাকে। এই নির্গম নলের অপর প্রান্ত ডুবানো থাকে জল-ভরা দ্রোণীতে এবং নির্গম-নলের এই মুখটির উপরে স্থাপন করা হয় জল-ভরা গ্যাসজার।



নাইট্রিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে অক্সিজেন প্রস্তুত

বুনসেন দীপের সাহায্যে ফ্লাস্কে ভরা ঝামাপাথর লাল তপ্ত করিয়া উত্তপ্ত করা হয় এবং ঝামা পাথরের উপরে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ঘন নাইট্রিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড ফেলা হয়। অ্যাসিড ভাঙ্গিয়া অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড বা সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী হয়। এই মিশ্র গ্যাস হিম-মিশ্রণে স্থাপিত U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হওয়ায় সময়ে গ্যাসীয় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড বা সালফার ডাই-অক্সাইড ঠাণ্ডা হইয়া তরলাকার লাভ করিয়া U-নলের মধ্যে সঞ্চিত হয় এবং অক্সিজেন গ্যাস নির্গম-নলের মাধ্যমে গ্যাস-জারের জল সরাইয়া সংগৃহীত হয়।

1·4. ধর্ম (Properties) :

(a) ভৌত ধর্ম (Physical properties) : অক্সিজেন (i) বর্ণহীন, গন্ধহীন, এবং স্বাদহীন একটি স্বচ্ছ গ্যাস, (ii) বায়ুর চেয়ে অল্প ভারী। (ইহার বাষ্প ঘনত্ব 16);

(iii) জলে স্বল্প পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। জলচর প্রাণী জলে দ্রবীভূত এই অক্সিজেন হইতে কানকোর সাহায্যে শ্বাস লইয়া বাঁচিয়া থাকে।

(b) **রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical properties) : (i) **প্রাণবায়ু** (Supporter of respiration)—প্রাণ-বায়ুরূপে অক্সিজেন দেহে তাপ সরবরাহ এবং রক্ত পরিস্রুত করে।

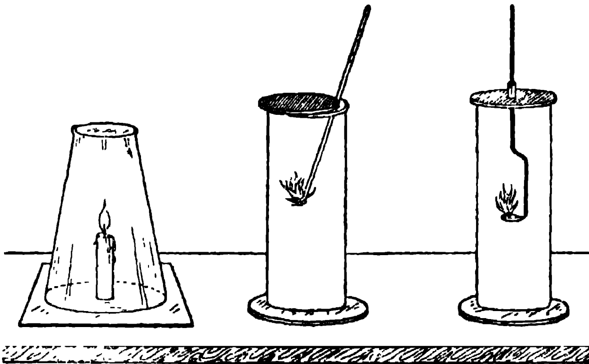
(ii) **সক্রিয়তা** : অত্যন্ত সক্রিয় (active) পদার্থরূপে অক্সিজেন অধিকাংশ মৌলিক পদার্থের সহিত প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত হইয়া বিভিন্ন অক্সাইড যৌগ গঠন করিতে পারে।

(iii) **আগুন প্রজ্বলনের কারণ** : আগুন জ্বলিবার মূল কারণ অক্সিজেন। জ্বলিয়া ওঠার রাসায়নিক অর্থ,—এই পদার্থটির সঙ্গে অক্সিজেনের সংযোজন। এরূপ রাসায়নিক বিক্রিয়াই আগুনরূপে প্রকাশ পায়। অক্সিজেন নিজে না জ্বলিয়া অন্য পদার্থকে জ্বলিতে সাহায্য করে বলিয়া অক্সিজেন একটি **দাহক বা দহন-সহায়ক পদার্থ** (Supporter of combustion)।

পরীক্ষা 1 : একটি প্রজ্বলিত মোমের প্রদীপ একটি গ্লাস উপুড় করিয়া ঢাকিয়া দাও। কিছুক্ষণের মধ্যেই অক্সিজেনের অভাবে প্রদীপটি নিভিয়া যাইবে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে, অক্সিজেন ছাড়া আগুন জ্বলা সম্ভব নয়।

পরীক্ষা 2 : একটি পাটকাঠি জ্বালাও এবং ফুঁ দিয়া পাটকাঠিটা নিভাইয়া দাও। কাঠিটি লালাভ অবস্থায় একটি অক্সিজেন-ভরা গ্যাসজারে ঢুকাও। পাটকাঠিটি আবার প্রদীপ্ত শিখায় জ্বলিয়া উঠিবে; কারণ অক্সিজেন খুব সক্রিয় পদার্থ এবং পাটকাঠিটির কার্বনের সঙ্গে মিশিয়া অক্সিজেন পাটকাঠিতে আবার আগুন জ্বালাইয়া দেয় এবং পাটকাঠিটির কার্বন ও হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) ও জল (H_2O) উৎপন্ন করে।

পরীক্ষা 3 : প্রজ্বলন চামচে (deflagrating spoon) এক টুকরা অঙ্গার বা সালফার বা ফসফরাস রাখিয়া উত্তপ্ত কর এবং অক্সিজেন-ভরা একটি গ্যাসজারের মধ্যে ঢুকাও। দেখিবে

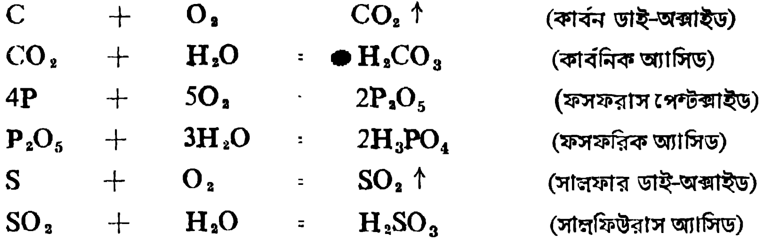


পরীক্ষা 1 পরীক্ষা 2 পরীক্ষা 3

উহা উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠিবে। এই জারের মধ্যে এখন কিছুটা জল ঢালিয়া দাও এবং একটি কাচের চাকতি দিয়া জারের মুখটি বন্ধ করিয়া জারটি ঝাঁকাইয়া জলের সঙ্গে জারের ভিতরকার

গ্যাস মিশাও। জলের মধ্যে একটি **নীল লিটমাস** কাগজ ভিজাইলে কাগজের **নীল রঙ লালাভ** হইয়া যাইবে।

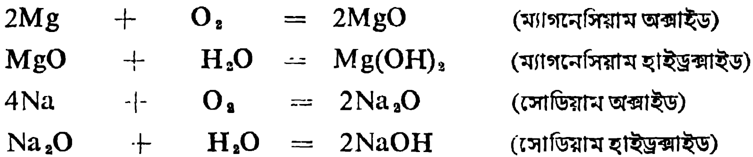
অঙ্গার বা সালফার বা ফসফরাস অক্সিজেনের মধ্যে পুড়িবার ফলে যথাক্রমে কার্বন-ডাই-অক্সাইড বা সালফার ডাই-অক্সাইড বা ফসফরাস পেন্টকসাইড তৈরী হয়। উহারা অ্যাসিডধর্মী বলিয়া নীল লিটমাস কাগজ লালাভ করিয়া দেয়।



C	+	O_2		$CO_2 \uparrow$	(কার্বন ডাই-অক্সাইড)
CO_2	+	H_2O	=	H_2CO_3	(কার্বনিক অ্যাসিড)
$4P$	+	$5O_2$	=	$2P_2O_5$	(ফসফরাস পেন্টক্সাইড)
P_2O_5	+	$3H_2O$	=	$2H_3PO_4$	(ফসফরিক অ্যাসিড)
S	+	O_2	=	$SO_2 \uparrow$	(সালফার ডাই-অক্সাইড)
SO_2	+	H_2O	=	H_2SO_3	(সালফিউরাস অ্যাসিড)

দ্রষ্টব্য ঃ পূর্বের পৃষ্ঠায় বর্ণিত পরীক্ষা সমূহের দ্বারা প্রমাণিত হইল যে অক্সিজেন একটি অকসি-অ্যাসিড উৎপাদক পদার্থ এবং অধাতুর অক্সাইড **অম্লধর্মী**।

পরীক্ষা 4 ঃ প্রজ্বলন চামচে এক টুকরা ম্যাগনেসিয়াম বা সোডিয়াম লও এবং বুনসেন দীপে উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেন ভরা গ্যাসজারে ঢুকাও। ম্যাগনেসিয়াম খুব উজ্জ্বলভাবে এবং সোডিয়ামও বেশ উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠিবে এবং এরূপ ধাতুর অক্সাইড (MgO বা Na_2O) গঠিত হইবে। গ্যাসজারে কিছুটা জল ঢাল এবং জলের মধ্যে এক টুকরা লাল লিটমাস কাগজ ডুবাও। লাল বর্ণের কাগজ নীল হইয়া যাইবে। কারণ, ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড ও সোডিয়াম অক্সাইড জলের সঙ্গে যুক্ত হইয়া ক্ষার [$Mg(OH)_2$ ও $NaOH$] গঠন করে।



$2Mg$	+	O_2	=	$2MgO$	(ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড)
MgO	+	H_2O	=	$Mg(OH)_2$	(ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড)
$4Na$	+	O_2	=	$2Na_2O$	(সোডিয়াম অক্সাইড)
Na_2O	+	H_2O	=	$2NaOH$	(সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড)

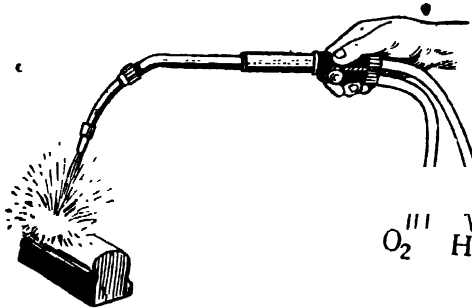
দ্রষ্টব্য ঃ উপরে বর্ণিত পরীক্ষা সমূহের দ্বারা প্রমাণিত হইল যে ধাতব অক্সাইড **ক্ষারধর্মী**।

1·5. ব্যবহার (Uses) ঃ

(i) অতি-দুর্বল রোগীর, উচু পর্বত বা বেলুনে আরোহণকারীর বা জলের নীচে ডুবুরীর শ্বাস-প্রশ্বাসের প্রয়োজনে গ্যাস মুখোসের সাহায্যে অক্সিজেন সরবরাহ করা হয়।

(ii) অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন একত্র মিশাইয়া জ্বালাইয়া দিলে সেই দীপশিখা প্রায় 2800°C উষ্ণতায় তাপ সৃষ্টি করে। এই শিখাকে বলা হয় **অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা (Oxy-hydrogen flame)**। খুব শক্ত ধাতু গলাইবার জন্য এই শিখা ব্যবহার করা হয়। হাইড্রোজেনের পরিবর্তে অক্সিজেনের সঙ্গে অ্যাসিটিলিন গ্যাস (C_2H_2—

কারবাইডের গ্যাসবাতিতে যে গ্যাস জ্বলে) মিশাইয়া 3000°C তাপমাত্রার **অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা** (Oxy-acetylene flame) জ্বালানো যায়



অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা

(iii) সালফিউরিক অ্যাসিড এবং নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরীর জন্যও অক্সিজেনের প্রয়োজন হয়। তবে, এজন্য বায়ুর অক্সিজেনই ব্যবহার করা চলে।

প্রশ্ন

1. পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে কি প্রকারে অক্সিজেন প্রস্তুত করিবে? এই প্রস্তুতিতে কি কি সতর্কতা অবলম্বন করা প্রয়োজন?

2. অনুঘটন কাহাকে বলে? রসায়নাগারে অক্সিজেন প্রস্তুতিতে অনুঘটন কি প্রকারে সাহায্য করে?

3. সোডিয়াম পারক্সাইড, মারকিউরিক অক্সাইড এবং লেড নাইট্রেট হইতে কি প্রকারে অক্সিজেন প্রস্তুত করিবে? সমীকরণ দাও।

4. পরীক্ষা বর্ণনা করিয়া প্রমাণ কর যে, অক্সিজেন (i) একটি দহন-সহায়ক পদার্থ. (ii) ইহা একটি অতি সক্রিয় পদার্থ, (iii) ইহার মধ্যে গন্ধক প্রজ্বলিত করিলে অ্যাসিডিক অক্সাইড গঠন করিবে, এবং (iv) ইহার মধ্যে ম্যাগনেসিয়াম উত্তপ্ত করিলে ক্ষারকীয় অক্সাইড গঠিত হইবে।

5. মারকিউরিক অক্সাইড শক্ত কাচের নলে উচ্চতাপে উত্তপ্ত করিলে একটি গ্যাস নির্গত হয়,—সেই গ্যাসটির নাম কি? রসায়নাগারে পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে গ্যাসটির প্রস্তুত বর্ণনা কর এবং পটাসিয়াম ক্লোরেটের সহিত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড কেন মিশ্রিত করা হয়? গ্যাসটি যে দহনের সহায়ক এবং একটি জারক পদার্থ, চারটি পরীক্ষা দ্বারা ইহা প্রতিপাদন কর।

6. রসায়নাগারে কি প্রকারে অক্সিজেন প্রস্তুত করিয়া কতিপয় গ্যাসজারে সংগ্রহ করিবে পরীক্ষাসহ উহার বিশদ বিবরণ দাও। অক্সিজেন কি প্রকারে বৃহৎ আয়তনে প্রস্তুত করা হয়? অক্সিজেন কথাটির ব্যুৎপত্তিগত অর্থ 'অ্যাসিড-উৎপাদক'। দুইটি উদাহরণ দ্বারা প্রমাণ কর যে নামটি ভুল বা যথার্থ নয়।

---

2 হাইড্রোজেন (Hydrogen)

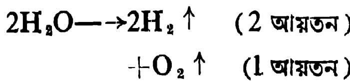
2·1. পরিচয়ঃ 1630 খৃষ্টাব্দে প্রথমে বেলজিয়ামের বিজ্ঞানী ভ্যান হেলমন্ট (Van Helmont)ও আইরিশ বিজ্ঞানী রবার্ট বয়েল এবং বৃটিশ বিজ্ঞানী ক্যাভেনডিশ হাইড্রোজেন তৈরী করিতে সক্ষম হন। কিন্তু 1788 খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার প্রমাণ করেন যে, হাইড্রোজেন একটি মৌলিক পদার্থ। ল্যাভয়সিয়ার গ্যাসটির নাম দেন হাইড্রোজেন বা জলের উৎপাদক।

হাইড্রোজেনের প্রতীক চিহ্ন —H ; অণুর সংকেত—H_2 ; যোজ্যতা—1 ; পারমাণবিক ওজন—1 ; আণবিক ওজন—2.

2·2. প্রাপ্তি (Occurrence)ঃ হাইড্রোজেন মৌল অবস্থায় পেট্রোলিয়ামের খনিতে এবং আগ্নেয়গিরির গ্যাসে সামান্য পরিমাণে পাওয়া যায়। হাইড্রোজেনের প্রধান ভাণ্ডার জল। সব রকম পেট্রোলিয়াম এবং জৈব পদার্থের মধ্যে যৌগ অবস্থায় কার্বনের সঙ্গে হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। সব রকম অ্যাসিড ও ক্ষারের মধ্যেও হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

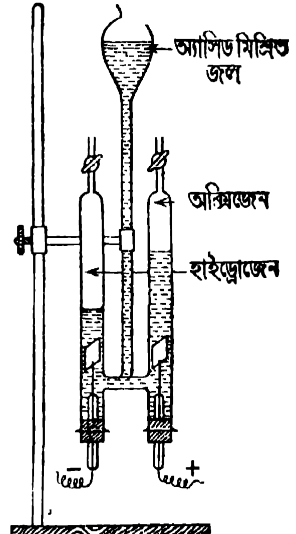
2·3. প্রস্তুতির বিভিন্ন পদ্ধতি ঃ

(a) **জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণে** (By electrolysis of water)ঃ অ্যাসিড মিশ্রিত জলের মধ্যে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে জল বিশ্লিষ্ট হইয়া হাইড্রোজেন গ্যাস ও অক্সিজেন গ্যাসে পরিণত হয়। হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় **নেগেটিভ তড়িৎদ্বার** বা **ক্যাথোডে** এবং অক্সিজেন **পজিটিভ তড়িৎ দ্বার** বা **অ্যানোডে**। আয়তনে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় অক্সিজেনের দ্বিগুণ। তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্র বা ভল্টামিটারে (Voltameter) এরূপ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। তড়িৎ বিশ্লেষণ বিক্রিয়াঃ



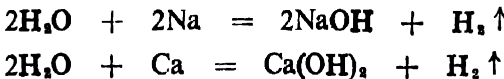
$2H_2O \longrightarrow 2H_2\uparrow$ (2 আয়তন)

$+O_2\uparrow$ (1 আয়তন)



জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

(b) **জল ও ক্ষারীয় ধাতুর বিক্রিয়ায়** (By the action of sodium or any alkali metal on water)ঃ সোডিয়াম, পটাসিয়াম বা ক্যালসিয়াম জলের সংস্পর্শে আসামাত্র তীব্র বিক্রিয়া শুরু হয় এবং উহার ফলে ক্ষার ও হাইড্রোজেন গ্যাস তৈরী হয়। বিক্রিয়াঃ

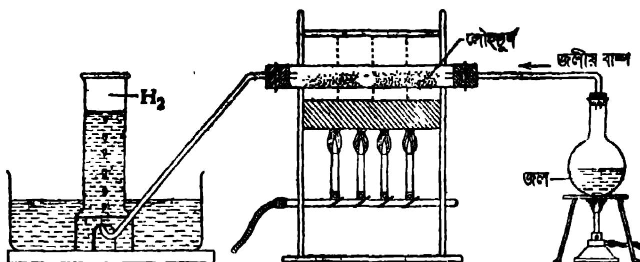


$$2H_2O + 2Na = 2NaOH + H_2\uparrow$$

$$2H_2O + Ca = Ca(OH)_2 + H_2\uparrow$$

.. জলের সহযোগে জ্বলিয়া উঠে বলিয়া পটাসিয়ামের সাহায্যে হাইড্রোজেন তৈরী করা সম্ভব নয়।

(c) **তপ্ত লৌহ ও উত্তপ্ত জলীয় বাষ্পের বিক্রিয়ায় (By the action of steam on red-hot Iron) ঃ** কোনও আবদ্ধ নলের মধ্যে আয়রন তথা লৌহচূর্ণ ভরিয়া উহাকে লাল তপ্তভাবে উত্তপ্ত (red hot) করার পরে তাহার মধ্যে উচ্চতাপে উত্তপ্ত জলীয়



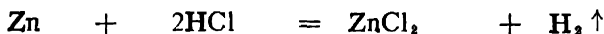
উত্তপ্ত জলীয় বাষ্প হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

বাষ্প চালাইয়া দিলে বাষ্পের সঙ্গে আয়রনের রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে। ফলে ফেরোসোফেরিক অক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় এবং বাষ্পের সহিত হাইড্রোজেন নির্গত হয়। বিক্রিয়া ঃ



$$4H_2O + 3Fe = Fe_3O_4 + 4H_2 \uparrow$$

(d) **অ্যাসিড হইতে** (By the action of metal on dilute acid) ঃ জিংক, আয়রন, অ্যালুমিনিয়াম, টিন, ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদি ধাতুর সহিত লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিডের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ও ধাতুর লবণ তৈরী হয়। এরূপ বিক্রিয়ায় ধাতু অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত (replacement) করিয়া গ্যাসরূপে হাইড্রোজেন বিমুক্ত করে।



$$Zn \quad + \quad 2HCl \quad = \quad ZnCl_2 \quad + \quad H_2 \uparrow$$

ধাতু + অ্যাসিড → ধাতুর লবণ + হাইড্রোজেন

(e) **ক্ষার হইতে** (From Alkali) ঃ তপ্ত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড (NaOH) বা পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের (KOH) সঙ্গে জিংক বা অ্যালুমিনিয়ামের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। বিক্রিয়া ঃ



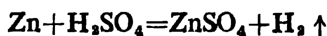
$$Zn \; + \; 2NaOH \; = Na_2ZnO_2 \text{ (সোডিয়াম জিংকেট)} + H_2 \uparrow$$



$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 \text{ (সোডিয়াম অ্যালুমিনেট)} + 3H_2 \uparrow$$

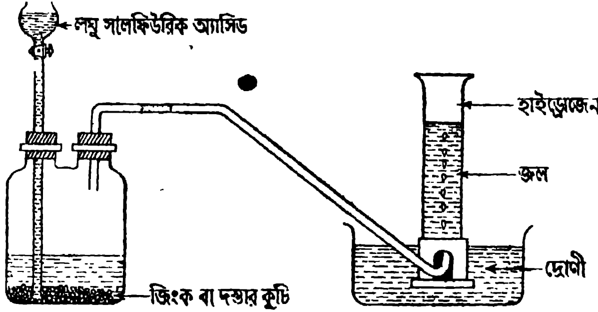
(f) **রসায়নাগারের পদ্ধতি** (Laboratory process) ঃ

(i). রসায়নাগারে সাধারণত **উল্‌ফ্-বোতলের** (Woulf's bottle) মধ্যে **লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড** (dil. H_2SO_4) ও **অবিশুদ্ধ জিংকের** (Zn) বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন তৈরী করা হয়। রাসায়নিক বিক্রিয়া ঃ



$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2 \uparrow$$

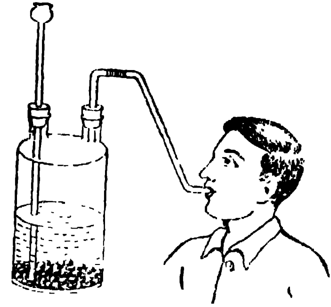
(ii) **প্রস্তুতি** : একটি উল্‌ফ্-বোতলের এক-তৃতীয়াংশ পরিমাণ জলে ভর্তি করিয়া উহার মধ্যে কিছু অবিশুদ্ধ জিংকের দানা বা কুচি রাখা হয়। সচ্ছিদ্র দুইটি কর্কের একটিতে একটি দীর্ঘ-নল ফানেল (thistle funnel) এবং অপরটিতে একটি বাঁকানো নির্গম-নল লাগানো



রসায়নাগারে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

হয়। দীর্ঘ-নল ফানেল ও নির্গম নল সমেত কর্ক দুইটি উল্‌ফ্-বোতলের দুই মুখে ফিট করানো হয়। দীর্ঘ নলের মুখটি জলের মধ্যে ডুবানো থাকে এবং নির্গম-নলের মুখটি বোতলের জলের অনেক উপরে থাকে।

(iii) **সতর্কতা** (Precautions) : হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মিশ্রণ বিস্ফোরক বলিয়া সতর্ক দৃষ্টি রাখিতে হয় যাহাতে হাইড্রোজেনের সঙ্গে বায়ু মিশিতে না পারে। এজন্য উল্‌ফ্-বোতল **বায়ুনিরন্ধ্র** (air-tight) করা হয়। উল্‌ফ্-বোতল বায়ু-নিরন্ধ্র হইয়াছে কিনা তাহা নির্গম-নলের মুখে মুখ লাগাইয়া ফুঁ দিয়া পরীক্ষা করিতে হয়। বায়ু-চাপে বোতলের তলা হইতে দীর্ঘ নল ফানেলের ভিতরে কিছুটা জল উঠিবে। এই অবস্থায় বুড়া আঙ্গুলের টিপ দিয়া নির্গম-নলের মুখটি বন্ধ করিলে দীর্ঘ-নল ফানেলের জল যদি স্থির থাকে, তাহা হইলে বোঝা যাইবে কোথাও বায়ু প্রবেশের রন্ধ্র নাই। কিন্তু দীর্ঘ-নল দিয়া জল পড়িয়া গেলে প্রমাণ হইবে যে বোতল বায়ু-নিরন্ধ্রভাবে ফিট করা হয় নাই।



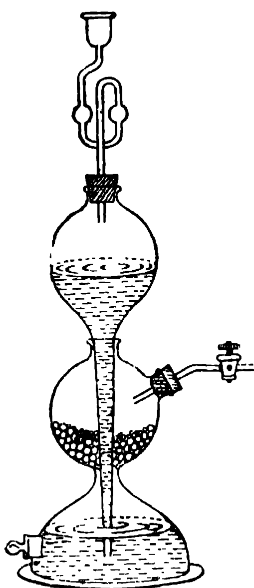
রসায়নাগারে হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে বায়ু নিরন্ধ্র পরীক্ষা

উল্‌ফ্-বোতল মোমের সাহায্যে বিশেষ সতর্কতার সঙ্গে বায়ু-নিরন্ধ্রভাবে ফিট করা হইলে দীর্ঘ-নল ফানেলের ভিতর দিয়া বোতলে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হয়। অ্যাসিড জলে ডুবানো জিংকের সংস্পর্শে আসার সঙ্গে সঙ্গেই ভুর ভুর করিয়া গ্যাস, নির্গত হইতে আরম্ভ করে। প্রথমে কিছু গ্যাস বাহির করিয়া দেওয়া প্রয়োজন,—যেন উল্‌ফ্-বোতলের ভিতরকার সব বায়ু

বাহির হইয়া যায়। দ্রোণীর জল সরাইয়া গ্যাসজারের মধ্যে হাইড্রোজেন সংগ্রহ করা হয়। প্রথম গ্যাস ভরা জারের মধ্যে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি ঢুকাইলে যদি কোন শব্দ না করিয়া গ্যাসটি জ্বলিয়া ওঠে তবে বুঝা যাইবে যে উল্‌ফ্‌-বোতলের সমস্ত বায়ু বাহির হইয়া গিয়াছে। এরূপ অবস্থার পর গ্যাস-জার ভরিয়া হাইড্রোজেন সংগ্রহ করা হয়।

(g) **কিপ-যন্ত্রে (Kipp's Apparatus) হাইড্রোজেন প্রস্তুতি**ঃ প্রয়োজনের সঙ্গে সঙ্গেই ব্যবহারের জন্য হাইড্রোজেনের সদা-প্রস্তুতির ব্যবস্থা **কিপ-যন্ত্রে** করা যায়। কিপ-যন্ত্রের নির্গম-নলের ছিপি খুলিয়া দিলেই হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয় এবং ছিপি আটকাইয়া দিলেই গ্যাস উৎপাদন বন্ধ হইয়া যায়।

(i) **কিপ-যন্ত্রের গঠন**ঃ কিপ-যন্ত্র তিনটি কাচের গোলকের (globe) সংযোগে তৈরী একটি গ্যাস উৎপাদক যন্ত্র। প্রথম গোলকের তলায় একটি দীর্ঘ নল লাগানো থাকে এবং এই দীর্ঘ নল তৃতীয় গোলকের তলা পর্যন্ত প্রবেশ করে। দ্বিতীয় ও তৃতীয় গোলক পরস্পরের মধ্যে তরল চলাচলের পথ-সহ সংযুক্ত। দ্বিতীয় গোলকের সাথে একটি নির্গম-নল ফিট করা থাকে (চিত্র দেখ)। দ্বিতীয় গোলকে ভরা থাকে অবিশুদ্ধ জিংকের দানা এবং প্রথম গোলকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড।



কিপ-যন্ত্র

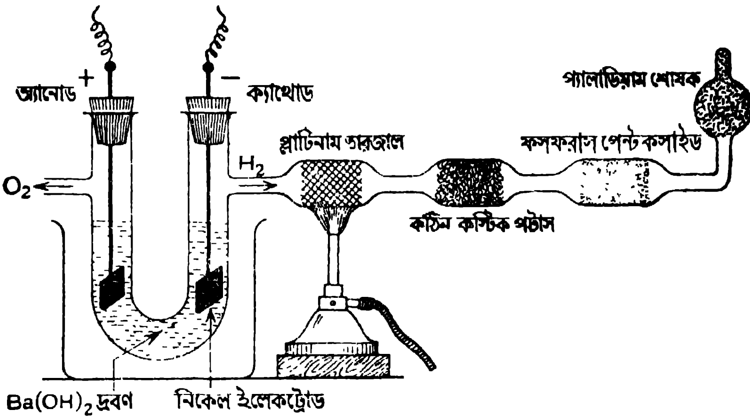
(ii) **গ্যাস উৎপাদন ক্রিয়া**ঃ প্রথম গোলকের অ্যাসিড দীর্ঘ নলের মাধ্যমে তৃতীয় গোলকে পড়ে এবং এই অ্যাসিড তৃতীয় গোলক পূর্ণ হইয়া দ্বিতীয় গোলকে প্রবেশ করে। দ্বিতীয় গোলকে প্রবেশ করার সঙ্গে সঙ্গে জিংক দানার সঙ্গে অ্যাসিডের সংযোগের ফলে বিক্রিয়া ঘটে এবং তৎক্ষণাৎ হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। এই হাইড্রোজেন গ্যাস মধ্যম গোলকের নির্গম নলের পথে বাহির হইয়া যায়।

হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রয়োজন শেষ হইলে নির্গম নল বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। নির্গম-নল বন্ধ হইলে দ্বিতীয় গোলকে যে গ্যাস জমা হয় তাহা অ্যাসিডের উপর চাপ দেয়। এরূপ গ্যাসের চাপে দ্বিতীয় গোলক হইতে অ্যাসিড তৃতীয় গোলকে পড়িয়া যায় এবং ইহা দীর্ঘ নলের মাধ্যমে উপরে উঠিয়া প্রথমে গোলকে জমা হয়। এরূপ অবস্থায় দ্বিতীয় গোলকে রক্ষিত জিংক দানার সঙ্গে অ্যাসিডের সংযোগ বিচ্ছিন্ন হয় এবং বিক্রিয়া বন্ধ হইয়া গ্যাসের উৎপাদন বন্ধ হইয়া যায়।

নির্গম নলটি খুলিয়া দিলে দ্বিতীয় গোলকের সঞ্চিত গ্যাস বাহির হইয়া যায় এবং গ্যাসের চাপ না থাকায় প্রথম ও তৃতীয় গোলকের অ্যাসিড আবার দ্বিতীয় গোলকে প্রবেশ করে এবং জিংকের সঙ্গে সংযোগ ঘটে। সঙ্গে সঙ্গে আবার হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইতে আরম্ভ করে। এইভাবে কিপ-

যন্ত্রের মধ্যম গোলকের সঙ্গে যুক্ত নির্গম-নল খুলিলে গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং বন্ধ করিলে গ্যাস উৎপাদন বন্ধ হইয়া যায়।

(h) অতি বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুতি (Preparation of very pure Hydrogen) ঃ সাধারণভাবে প্রস্তুত হাইড্রোজেনের মধ্যে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন (H_2S), আরসিন (AsH_3), ফসফিন (PH_3), সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2), কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2), নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড, নাইট্রোজেন এবং জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে। অবিশুদ্ধ হাইড্রোজেন একটির পর একটি U-টিউবে রক্ষিত লেড নাইট্রেট, সিলভার সালফেট, কঠিন (solid) কস্টিক পটাস এবং ফসফরাস পেন্টাক্সাইডের ভিতর দিয়া প্রবাহিত



অতি বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

করিয়া যথাক্রমে হাইড্রোজেন সালফাইড, আরসিন ও ফসফিন, সালফার ডাই-অক্সাইড ও কাবন ডাই-অক্সাইড এবং জলীয় বাষ্প দূরীভূত করা হয়। কিন্তু নাইট্রোজেন থাকিয়া যায়। এই নাইট্রোজেন দূরীভূত করার জন্য হাইড্রোজেন একটি উত্তপ্ত প্যালেডিয়াম ধাতু-চূর্ণ ভরা বায়ুহীন গোলকের মধ্যে চালানো হয়। প্যালেডিয়াম হাইড্রোজেন শোষণ করিয়া লয়, কিন্তু নাইট্রোজেন অশোষিত থাকিয়া যায় এবং উহা পাম্পের সাহায্যে গোলক হইতে বাহির করিয়া দেওয়া হয়। ইহার পরে প্যালেডিয়াম ধাতুভরা গোলকটিকে উত্তপ্ত করিলে শোষিত হাইড্রোজেন হইতে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন নির্গত হয় এবং গ্যাসজার-ভরা পারদ অপসারণ করিয়া হাইড্রোজেন সংগ্রহ করা যায়।

2·4. ধর্ম (Properties) ঃ

(a) ভৌত ধর্ম (Physical properties) ঃ (i) হাইড্রোজেন গ্যাসের কোন বর্ণ, গন্ধ বা স্বাদ নাই; (ii) হাইড্রোজেন সবচেয়ে হালকা পদার্থ ; (বায়ু হাইড্রোজেন অপেক্ষা 14 গুণ ভারী) ; (iii) ইহা স্বাভাবিক অবস্থায় গ্যাস, কিন্তু অতি শীতল করিয়া হাইড্রোজেনকে তরল এবং শেষ পর্যন্ত কঠিন পদার্থে পরিণত করা যায় ; (iv) হাইড্রোজেন জলে দ্রবীভূত হয় না।

পরীক্ষা 1. হাইড্রোজেন-ভরা গ্যাসজারের মাথায় উপুড় করিয়া একটি বায়ুভরা অর্থাৎ

খালি জার বসাও। নীচের জারের মখ হইতে কাঁচের চাকতিটি সরাইয়া ফেল। এবার নীচের জারের হালকা হাইড্রোজেন উপরের জারে গিয়া জমা হইবে এবং হাইড্রোজেনের চেয়ে ভারী বায়ু নীচের জারে জমিবে। উপরের জারের মুখ চাকতি দিয়া ঢাকিয়া খাড়া করিয়া জারটি রাখিয়া দাও। একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি আনিয়া চাকতি সরাইয়া জারটির মুখে ধর। দেখিবে, একটি শব্দ করিয়া জারের মধ্যে গ্যাসের আগুন জ্বলিতেছে। কারণ, নীচের হালকা হাইড্রোজেন গ্যাস উপরের জারে জমা হইয়াছে এবং উপরের ভারী বায়ু নীচের জারে পড়িয়াছে।



হাইড্রোজেন বায়ুর চেয়ে হালকা

পরীক্ষা 2. কিপ-যন্ত্র হইতে নির্গত হাইড্রোজেন গ্যাসভরা বেলুন ছাড়িয়া দিলে আকাশে উড়িয়া যায়। কারণ হাইড্রোজেন বায়ুর চেয়ে হালকা।

(b) **রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical properties) ঃ

(i) **দহনশীলতা** (Combustibility) ঃ হাইড্রোজেনের মধ্যে আগুন জ্বালানো যায় না। কিন্তু হাইড্রোজেন নিজেই জ্বলিয়া উঠে। কারণ, হাইড্রোজেন একটি দহনশীল বা দাহ্য পদার্থ।

পরীক্ষা 1. একটি হাইড্রোজেন গ্যাসজার লও এবং জারের মুখে জ্বলন্ত পাটকাঠি ধর। পাটকাঠির জ্বলন্ত শিখাটি নিভিয়া যাইবে, কিন্তু গ্যাস নিজেই নীলাভ শিখায় জ্বলিতে আরম্ভ করিবে।

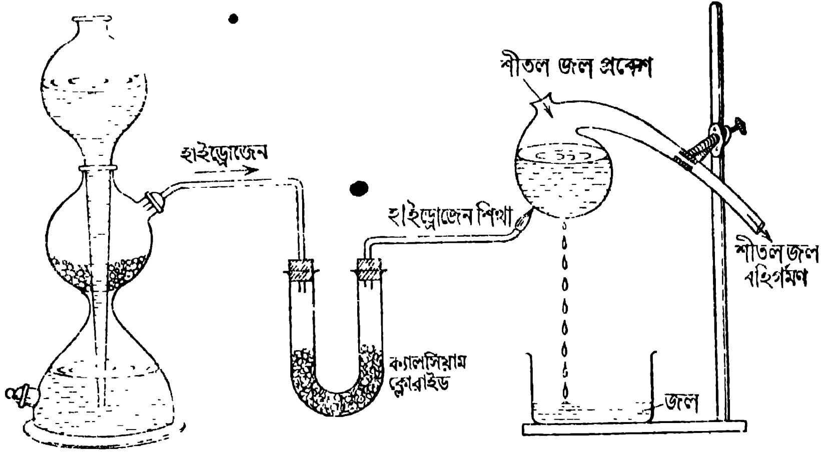
পরীক্ষা 2. একটি সোডার বোতলে দুইভাগ হাইড্রোজেন ও একভাগ অকসিজেন গ্যাস ভরিয়া বোতলটি সাবধানে তোয়ালে গিয়া জড়াইয়া ধরিয়া বোতলের মুখে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি ধর। একটি প্রচণ্ড শব্দ করিয়া বোতলের গ্যাস-মিশ্রণে বিস্ফোরণ ঘটিবে।

(ii) **জলের উৎপাদক** (Producer of water) ঃ বায়ুর মধ্যে অর্থাৎ, অক্সিজেনের মধ্যে হাইড্রোজেন দহনের ফলে জল উৎপন্ন হয়। যথা ঃ $2H_2+O_2=2H_2O$

পরীক্ষা ঃ কিপ-যন্ত্র হইতে হাইড্রোজেন গ্যাস একটি বাঁকানো নির্গম নলের মাধ্যমে গলিত (fused) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড পূর্ণ U-নলের মধ্য দিয়া চালনা করিলে উহা শুষ্ক হয়। এই শুষ্ক হাইড্রোজেন অপর একটি বাঁকানো নির্গম নল দিয়া বাহির হইবার সময়ে ইহাতে জ্বলন্ত পাটকাঠি ধরিলে গ্যাসটি জ্বলিতে থাকে। এই জ্বলন্ত শিখা শীতল রিটর্টের গায়ের নিকট ধরা হইলে জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হইয়া ফোঁটা ফোঁটা তরল জলাকারে পড়িতে থাকে। এই তরল অনার্দ্র কপার সালফেটকে নীলবর্ণে পরিণত করে। ইহা হইতে প্রমাণিত হইল যে, এই তরল জল হাইড্রোজেনের দহনের ফলে উৎপন্ন হইয়াছে। [পরপৃষ্ঠার চিত্র দ্রষ্টব্য]

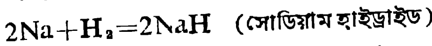
(iii) **বিজারণ ক্রিয়া** (Reduction) ঃ উত্তপ্ত অবস্থায় ধাতুর অক্সাইডের মধ্যে (CuO) শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করিলে অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতু ও জলে পরিণত হয়। বিক্রিয়া ঃ $CuO+H_2=Cu+H_2O$

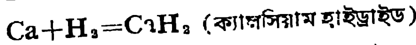
(v) **হাইড্রাইড (Hydride)ঃ** হাইড্রোজেন ক্ষারীয় ধাতু সোডিয়াম, পটাসিয়াম,



হাইড্রোজেন দহনে জল উৎপাদন

ক্যালসিয়াম ইত্যাদির সঙ্গে যৌগ গঠন করে। ইহাদের হাইড্রাইড বলা হয়। বিক্রিয়াঃ

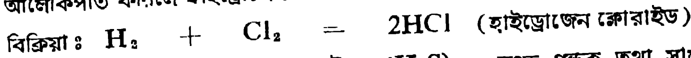

$2Na + H_2 = 2NaH$ (সোডিয়াম হাইড্রাইড)


$Ca + H_2 = CaH_2$ (ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড)

নাইট্রোজেনের ন্যায় অ-ধাতুর সঙ্গে হাইড্রোজেন গ্যাসীয় হাইড্রাইড গঠন করে। বিক্রিয়াঃ


$N_2 + 3H_2 \xrightarrow{\text{তড়িৎ-প্রবাহ (বা অনুঘটক)}} 2NH_3$ (অ্যামোনিয়া)

(vi) **হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl)ঃ** হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণে আলোকপাত করিলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যৌগ গঠিত হয়।


বিক্রিয়াঃ $H_2 + Cl_2 = 2HCl$ (হাইড্রোজেন ক্লোরাইড)

(vii) **হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S)ঃ** তপ্ত গন্ধক তথা সালফারের উপরে হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করিয়া হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন গ্যাস তৈরী করা হয়। যথাঃ $H_2 + S = H_2S$ (হাইড্রোজেন সালফাইড)

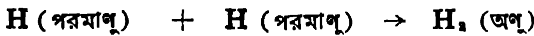
(viii) **হাইড্রোকার্বন (Hydrocarbon)ঃ** হাইড্রোজেন ও কার্বন অনেক রকমের যৌগ গঠন করে। এরূপ যৌগকে বলা হয় হাইড্রোকার্বন।

মার্স গ্যাস বা মিথেন (CH_4), ইথিলিন গ্যাস (C_2H_4), অ্যাসিটিলিন গ্যাস (C_2H_2)—এরূপ কয়েকটি যৌগ হাইড্রোকার্বন। [জৈব রসায়ন দ্রষ্টব্য]।

(ix) **অন্তর্ধৃতি (Occlution)ঃ** কোন কোন ধাতু হাইড্রোজেন শুষিয়া লইতে পারে। ধাতুর এইরূপ গ্যাস-শোষণ বা ধারণ করার ক্ষমতাকে বলা হয় গ্যাসের অন্তর্ধৃতি। লোহা, প্লাটিনাম ও প্যালেডিয়াম ধাতুর হাইড্রোজেন গ্যাস শোষণ করিবার ক্ষমতা আছে।

প্যালেডিয়াম ধাতুর হাইড্রোজেন শোষণ করিবার ক্ষমতা সবচেয়ে বেশি। একটু উত্তপ্ত করিলেই হাইড্রোজেন গ্যাস অন্তর্ধারী ধাতুর ভিতর হইতে নির্গত হইয়া যায়।

জায়মান হাইড্রোজেন (Nascent hydrogen)ঃ সদ্যোজাত হাইড্রোজেনকে জায়মান হাইড্রোজেন বলা হয়। সদ্যোজাত বা জায়মান হাইড্রোজেন খুব সতেজ ও সক্রিয়। এরূপ সদ্যোজাত হাইড্রোজেন যে বিক্রিয়া ঘটাইতে পারে সাধারণ হাইড্রোজেন তাহা পারে না। সদ্য উৎপন্ন অবস্থায় হাইড্রোজেনকে তাই বলা হয় জায়মান হাইড্রোজেন। কারণ, সদ্য উৎপন্ন অবস্থায় হাইড্রোজেন পারমাণবিক অবস্থায় (H) থাকে এবং পরে আণবিক অবস্থায় (H_2) পরিণত হয়। [অবশ্য এই থিয়োরী সম্বন্ধে মত-পার্থক্য আছে।] যথাঃ



$$H \text{ (পরমাণু)} + H \text{ (পরমাণু)} \rightarrow H_2 \text{ (অণু)}$$

পরীক্ষাঃ (i) একটি পরীক্ষা-নলে রাখা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের মধ্যে উল্ফ-বোতল বা কিপস-যন্ত্র হইতে নির্গত হাইড্রোজেন চালাও। পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের লাল রঙের কোন বদল হইবে না।

(ii) অপর একটি পরীক্ষা-নলে রাখা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের মধ্যে কয়েকটি জিংক দানা ফেল এবং তাহার মধ্যে অল্প সালফিউরিক অ্যাসিড ঢাল। অ্যাসিড ঢালার সঙ্গে সঙ্গে হাইড্রোজেন গ্যাসের সৃষ্টি হইবে এবং এই সদ্যোজাত তথা জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয় সংস্পর্শে পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের লাল রং ধীরে ধীরে বর্ণহীন হইয়া যাইবে।

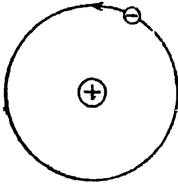
এইভাবে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের পরিবর্তে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ব্যবহার করিয়া ইহার হলুদ রঙের দ্রবণকে সবুজ বর্ণে এবং হলুদ বর্ণের ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণকে জায়মান হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় বর্ণহীন করা সম্ভব।

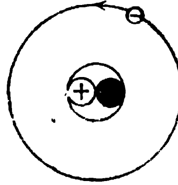
ব্যবহৃত দ্রবণ	সাধারণ হাইড্রোজেন	দ্রবণের বর্ণ অপরিবর্তিত	জায়মান হাইড্রোজেন	দ্রবণের বর্ণ পরিবর্তিত
পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট	H_2	লাল	H	বর্ণহীন
পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট	H_2	হলুদ	H	সবুজ
ফেরিক ক্লোরাইড	H_2	হলুদ	H	বর্ণহীন

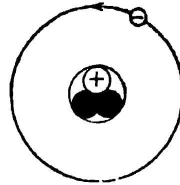
2·5. হাইড্রোজেনের ব্যবহার (Uses)ঃ (i) অক্সিজেনের সঙ্গে মিশাইয়া উচ্চ তাপের অক্সি-হাইড্রোজেন শিখারূপে হাইড্রোজেন ব্যবহার করা হয়। এরূপ শিখা প্রায় 2500°C তাপমাত্রা সৃষ্টি করিতে পারে। এই শিখা ধাতু গলাইয়া ঝালাইয়ের কার্যে ব্যবহৃত হয়। (ii) সিন্থেটিক অ্যামোনিয়া, মিথাইল অ্যালকোহল, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, কৃত্রিম পেট্রল ইত্যাদি তৈরী করার জন্য হাইড্রোজেন ব্যবহৃত হয়। (iii) জৈব ও উদ্ভিজ্জ তৈল হাইড্রোজেনের সাহায্যে জমাইয়া বনস্পতি ধরনের কৃত্রিম স্নেহ জাতীয় পদার্থ (vegetable ghee) তৈরী করা যায়। (iv) বেলুন ও উড়োজাহাজের জন্যও হাইড্রোজেন ব্যবহার করা হয়। (v) অতি নিম্ন তাপমাত্রা অর্থাৎ হিমতা সৃষ্টির জন্য তরল হাইড্রোজেন ব্যবহৃত হয়। (vi) জ্বালানী শিল্পে কয়লা হইতে

তরল জ্বালানী তৈরী করার জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়। (vii) দুষ্প্রাপ্য মৌলিক পদার্থের অক্সাইড হইতে ধাতু নিষ্কাশনের জন্যও হাইড্রোজেন বিজারক দ্রব্যরূপে ব্যবহৃত হয়।

2·6. হাইড্রোজেনের আইসোটোপ বা সমঘর (Isotopes) : সাধারণ হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন—1; প্রকৃতিতে আর এক রকম হাইড্রোজেন পাওয়া যায়,—যাহার পারমাণবিক ওজন—2; কৃত্রিমভাবে এমন হাইড্রোজেনও তৈরী করা যায় যাহার পারমাণবিক ওজন 3. এরূপ তিন প্রকার আইসোটোপকে বলা হয়—**হাইড্রোজেন, ডয়েটেরিয়াম** (Deuterium) এবং **ট্রিটিয়াম** (Tritium); ইহাদের পারমাণবিক সংকেত—H, D এবং T; এরূপ আইসোটোপের পারমাণবিক গঠন :


হাইড্রোজেন ($_1H^1$)

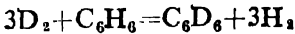

ডয়েটেরিয়াম ($_1H^2$)


ট্রিটিয়াম ($_1H^3$)

প্রাকৃতিক হাইড্রোজেনের মধ্যে পাওয়া যায় H=99·9844% ; D=0·0156%. **ভারী জলের** (Heavy water) তড়িৎবিশ্লেষণ করিয়া ভারী হাইড্রোজেন বা ডয়েটেরিয়াম প্রস্তুত করা যায়। পদার্থের কৃত্রিম রূপান্তরের পদ্ধতিতে ট্রিটিয়াম তৈরী করা হয়।

স্ফুটনাংক, হিমাংক ইত্যাদি ভৌত ধর্মে ডয়েটেরিয়াম সাধারণ হাইড্রোজেন হইতে পৃথক। রাসায়নিক ধর্মে ডয়েটেরিয়াম মন্থরগতি। বিনিময় বিক্রিয়ায় ডয়েটেরিয়াম (D) হাইড্রোজেনকে (H) প্রতিস্থাপিত করে।


$H_2+D_2=2HD$; $D_2+H_2O=D_2O+H_2$


$3D_2+C_6H_6=C_6D_6+3H_2$

পরমাণুর কৃত্রিম রূপান্তরের পদ্ধতিতে ডয়েটেরিয়াম ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন

1. রসায়নাগারে হাইড্রোজেন প্রস্তুতির পদ্ধতি কি? কি কি সতর্কতা অবলম্বন করা প্রয়োজন?

2. জিংক এবং অ্যাসিড হইতে কি প্রকার হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয়? গ্যাস সংগ্রহ করার পূর্বে কি সতর্কতা অবলম্বন করা হয় এবং কেন?

কি প্রকারে প্রমাণ করিবে যে (a) হাইড্রোজেন একটি বিজারকপদার্থ এবং (b) হাইড্রোজেন অক্সিজেনকে বিজারিত করিলে জল প্রস্তুত হয়? জায়মান হাইড্রোজেন সম্বন্ধে তুমি কি জান? হাইড্রোজেনের দুইটি বিশেষ ব্যবহারের উল্লেখ কর।

3. 'জায়মান অবস্থা' কি ? জায়মান হাইড্রোজেন যে সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা তীব্রতর বিজারক, উহা কি প্রকারে প্রমাণ করিবে ?

4. (a) দুইটি খাঁটি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় জল হইতে কিভাবে হাইড্রোজেন পাওয়া যায় তাহা বর্ণনা কর এবং সমীকরণ দাও।

(b) একটি পরীক্ষা বর্ণনা করিয়া প্রমাণ কর যে হাইড্রোজেন দ্বারা ধাতুর অক্সাইডকে বিজারিত করিলে জল উৎপন্ন হয়।

5. অতি বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন কি প্রকারে প্রস্তুত করা হয় ? কি প্রকারে হাইড্রোজেনের বাণিজ্যিক উৎপাদন করা হয় ? হাইড্রোজেনের ব্যবহার কি কি ?

6. (i) অ্যাসিড, (ii) ক্ষার এবং (iii) জল হইতে কি প্রকারে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিবে ? সাধারণ তত্ত্ব বিবৃত কর এবং সমীকরণ দাও।

7. (i) হাইড্রোজেন গন্ধকের উপর চালনা করিলে, (ii) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের মধ্যে কিপ-যন্ত্রে প্রস্তুত হাইড্রোজেন চালাইলে, এবং (iii) এই দ্রবণই একটি পরীক্ষা নলে জিংক এবং অ্যাসিডের মধ্যে ক্রিয়ান্বিত হইলে—কি ঘটিবে ?

8. (i) (a) স্বাভাবিক তাপমাত্রায় ধাতু হইতে, (b) অতি তপ্ত ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায়, এবং (ii) রাসায়নিক পদার্থের প্রয়োগ ব্যতীত কি প্রকারে জল বিশিষ্ট করিয়া হাইড্রোজেন প্রস্তুত ও সংগ্রহ করা যায় তাহার বর্ণনা কর।

3

জল
(Water)

3·1. জলের প্রাকৃতিক উৎস (Natural sources) :

প্রাকৃতিক জলের উৎস প্রধানত (i) **সমুদ্রের জল,** (ii) **বৃষ্টির জল,** (iii) **নদী সরোবর ও হ্রদের জল,** (iv) **কূপ ও প্রস্রবণের জল** এবং (v) **খনিজ জল।**

3·2. ব্যবহার (Uses) : জল প্রধানত ব্যবহার করা হয়—(1) পানীয়রূপে, (2) কল-কারখানার বয়লারে, (3) গৃহকর্মে ও ধোলাই-এর কাজে, (4) বিভিন্ন রাসায়নিক কাজে,—যথা, ফটোগ্রাফী, ঔষধ তৈরী, রাসায়নিক গবেষণা ইত্যাদির প্রয়োজনে এবং (5) কৃষির কাজে।

পানীয় জলের জন্য প্রয়োজন স্বচ্ছ ও জীবাণু-মুক্ত জল। বয়লার ও ধোলাইয়ের জন্য প্রয়োজন ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের লবণ-মুক্ত জল। রাসায়নিক কাজের জন্য প্রয়োজন বিশুদ্ধ পাতিত জল। কৃষির জন্য বৃষ্টি, নদী, সরোবর বা কুয়ার জলের প্রয়োজন। সমুদ্রের নোনা জলে কৃষি কাজ চলে না।

3·3. পানীয় জল (Drinking water) : পানীয় জল রাসায়নিক অর্থে বিশুদ্ধ জল নয়। পানীয় জলে স্বল্প পরিমাণে নানারকম ধাতব লবণ ও গ্যাস মিশ্রিত থাকে। তাই পানীয় জলে এক রকম স্বাদ পাওয়া যায় কিন্তু বিশুদ্ধ পাতিত জল স্বাদহীন। অতিমাত্রায় পাতিত জল পান করিলে দেহস্থ বিভিন্ন পদার্থ ইহাতে দ্রবীভূত হয় বলিয়া ইহা ক্ষতিকর। **পানীয় জল তৈরী করার জন্য প্রথমত, অদ্রবণীয় ভাসমান কলুষ দূর করিয়া জলকে স্বচ্ছ ও পরিষ্কার করা এবং দ্বিতীয়ত, জলকে জীবাণুমুক্ত করা প্রয়োজন।**

3·4. খর-জল (Hard water) **ও মৃদু-জল** (Soft water) : অশুদ্ধ প্রাকৃতিক জল দুই শ্রেণীর। যথা :—খর-জল ও মৃদু-জল।

(a) যে-জল সহজে সবানের ফেনা তৈরী হয়, তাহাকে বলা হয় মৃদু-জল (soft water) **এবং যে-জলে সহজে সাবানের ফেনা তৈরী হয় না, তাহাকে বলা হয় খর-জল** (hard water)।

খর-জলে যে-দ্রাব লবণগুলি থাকে তাহারা প্রধানত ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম অথবা ফেরাস বাই-কার্বনেট, ক্লোরাইড অথবা সালফেট।

সাবান উচ্চ আণবিক ওজনের ফ্যাটি অ্যাসিডের (চবি ও তেল হইতে প্রাপ্ত স্টিয়ারিক অ্যাসিড, পামিটিক অ্যাসিড ও অলেইক অ্যাসিড—(Stearic, palmitic or oleic acid) পটাসিয়াম ও সোডিয়াম লবণ। ইহারা জলে দ্রবণীয়। খর জলে ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম, আয়রনের দ্রবণীয় লবণ মিশ্রিত থাকে। এরূপ খর-জল সাবানের সঙ্গে মিশ্রিত করিলে উহার সোডিয়াম স্টিয়ারেট জাতীয় লবণ জলের ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম বা আয়রনের লবণের সঙ্গে ক্রিয়ান্বিত হইয়া অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম বা আয়রন স্টিয়ারেট জাতীয় লবণ উৎপাদন করে।

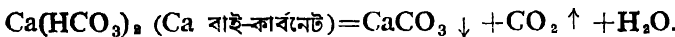
এই উৎপন্ন পদার্থগুলি একপ্রকার পিচ্ছিল পদার্থরূপে জল হইতে পৃথক হইয়া যায়, ফলে সহজে ফেনা উৎপন্ন হয় না। অনেকক্ষণ ধরিয়া সাবান ঘষিতে থাকিলে যখন ঐ জলের সমস্ত ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়াম বা আয়রনের লবণ ঐরূপে পৃথক হইয়া যায় তখন ঐ জলের খরতা কমিতে থাকে ও ফেনা দেখিতে পাওয়া যায়।

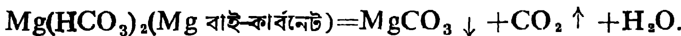
প্রাকৃতিক জলের খরতা দুই প্রকার,—যথা ঃ **অস্থায়ী** ও **স্থায়ী**।

(i) **অস্থায়ী খরতা** (Temporary hardness) ঃ সাবান ঘষিলে যে-জলে সহজে ফেনা হয় না এরূপ খর-জলে যদি ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়ামের বাই-কার্বনেট লবণ দ্রবণ দ্রবীভূত থাকে তাহা হইলে সেই জলের খরতাকে অস্থায়ী খরতা বলা হয়। কারণ, এরূপ খর জল ফুটাইলে মৃদু জলে পরিণত হয়।

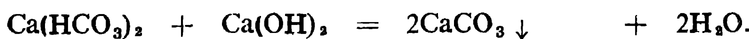
খর-জলকে (ক) **ফুটাইয়া** অথবা (খ) খর-জলের সঙ্গে **চুন জল** (lime-water) অথবা **কলিচুন** (slaked lime) মিশাইয়া অস্থায়ী খরতা দূর করা যায়। এরূপ উভয় পদ্ধতিতেই খর-জলে দ্রবণীয় ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও আয়রন বাই-কার্বনেট অদ্রবণীয় ধাতব কার্বনেটরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং এইভাবে ধাতব লবণ অপসারিত হইলে, জলের অস্থায়ী খরতা দূর হয়।

(ক) **স্ফুটন পদ্ধতি** (Boiling process) ঃ দ্রবণীয় ধাতব বাই-কার্বনেট লবণযুক্ত জল ফুটাইলে অদ্রবণীয় ধাতব কার্বনেট লবণরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হইয়া যায়। এই পদ্ধতি প্রধানত গৃহের কাজকর্মের প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয়। যথা ঃ


$Ca(HCO_3)_2$ (Ca বাই-কার্বনেট) $= CaCO_3 \downarrow + CO_2 \uparrow + H_2O.$


$Mg(HCO_3)_2$(Mg বাই-কার্বনেট) $= MgCO_3 \downarrow + CO_2 \uparrow + H_2O.$

(খ) **ক্লার্কপদ্ধতি** (Clark's process) ঃ শিল্পের কাজে খর-জলকে মৃদু-জলে পরিণত করার জন্য ক্লার্ক পদ্ধতি বা চুন-জল পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়। এই পদ্ধতিতেও দ্রবণীয় বাই-কার্বনেট লবণ অদ্রবণীয় কার্বনেট লবণে পরিণত হয়। চুন-জল পদ্ধতির বিক্রিয়া ঃ

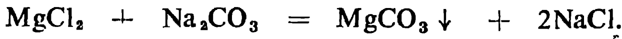

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 \downarrow + 2H_2O.$$


$$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = MgCO_3 + CaCO_3 \downarrow + 2H_2O.$$

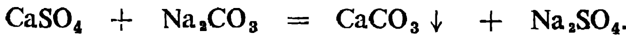
(ii) **স্থায়ী খরতা** (Permanent hardness) ঃ সাবান মিশ্রিত করিলে যে-জলে সহজে ফেনা তৈরী হয় না সেরূপ খর-জলে যদি ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর ক্লোরাইড ও সালফেট লবণ দ্রবীভূত থাকে তাহা হইলে সেই জলের খরতাকে স্থায়ী খরতা বলা হয়; —কারণ, এরূপ খর-জল ফুটাইয়া ইহাকে মৃদু-জলে পরিণত করা যায় না।

অস্থায়ী খরতা দূরীকরণ পদ্ধতির ন্যায় জলের স্থায়ী খরতা খর-জল ফুটাইয়া অথবা ইহার সঙ্গে চুন-জল মিশাইয়া দূর করা যায় না। কারণ, এরূপ পদ্ধতিতে দ্রবণীয় ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়ামের ক্লোরাইড ও সালফেট লবণ [$MgCl_2$, $CaCl_2$, $MgSO_4$, $CaSO_4$]

অদ্রবণীয় কার্বনেট লবণরূপে অধঃক্ষিপ্ত করা যায় না। খর-জলের সঙ্গে পর্যাপ্ত পরিমাণে সোডিয়াম কার্বনেট মিশ্রিত করিলে অদ্রবণীয় ধাতব কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং খর-জল মৃদু-জলে পরিণত হয়।



$$MgCl_2 + Na_2CO_3 = MgCO_3\downarrow + 2NaCl.$$



$$CaSO_4 + Na_2CO_3 = CaCO_3\downarrow + Na_2SO_4.$$

সোডিয়াম কার্বনেট মিশ্রিত করার পরে অদ্রবণীয় ধাতব কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হইলে মৃদু-জল ফিলটার-স্তরে (filter bed) পরিস্রুত করিয়া লওয়া হয়।

এক সঙ্গে অস্থায়ী ও স্থায়ী খরতা দূরীকরণ ঃ বর্তমানে একই সঙ্গে অস্থায়ী ও স্থায়ী খরতা দূর করিয়া মৃদু-জল লণ্ড্রীতে ধোলাই এবং শিল্পে বয়লারের কাজে ব্যবহৃত হয়। যুগপৎ অস্থায়ী খরতা দূরীকরণের পদ্ধতি দুই প্রকার, **(ক) লাইম-সোডা পদ্ধতি,** এবং **(খ) ক্ষারক-বিনিয়ম বা পারমুটিট পদ্ধতি।**

(খ) **লাইম সোডা পদ্ধতি** (Lime-soda process) ঃ এইরূপ পদ্ধতিতে খর-জলের সঙ্গে পরিমিত অনুপাতে চুন (CaO) বা লাইম এবং সোডিয়াম কার্বনেট তথা সোডা (Na_2CO_3) মিশাইয়া ইহাকে মৃদু-জলে পরিণত করা হয়। অনেক সময়ে খর-জলে অল্প পরিমাণে কস্টিক সোডাও (NaOH) মিশ্রিত করা হয়। এরূপ বিকারক মিশ্রণে ধাতব বাই-কার্বনেট এবং ধাতব ক্লোরাইড ও সালফেট লবণ দ্রবণীয় ধাতব লবণে পরিণত হইয়া অধঃ-ক্ষিপ্ত হইয়া যায় এবং বিক্রিয়ার পরে মৃদু জল পরিস্রুত বা আস্রাবিক করিয়া লওয়া হয়। জলে মিশাইবার সঙ্গে সঙ্গে চুন, চুনজলে বা ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়।



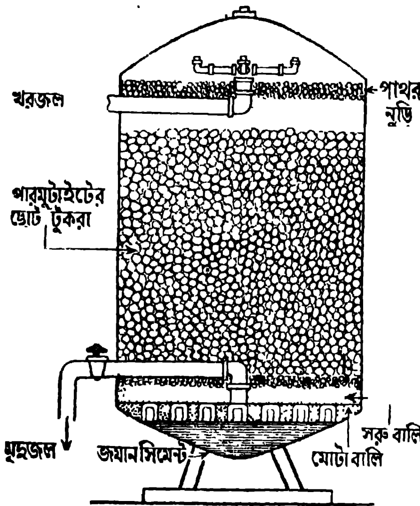
$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2 \text{ (চুন জল)}$$

(খ) **ক্ষারক বিনিময় বা পারমুটিট পদ্ধতি** (The base-exchange or permutit process) ঃ এই আধুনিক পদ্ধতিতে ব্যাপকভাবে শিল্প প্রয়োজনে একই সঙ্গে জলের অস্থায়ী ও স্থায়ী খরতা দূর করিয়া মৃদু-জল উৎপন্ন করা হয়। **খর-জলের ক্ষারক মূলক** (basic radical) **ও পারমুটিটের ক্ষারক মূলক পরস্পরকে প্রতিস্থাপিত করে বলিয়া এরূপ পদ্ধতিকে ক্ষারক-বিনিময় পদ্ধতিও বলা হয়।**

পারমুটিট কৃত্রিমভাবে তৈরী সোডিয়াম-অ্যালুমিনিয়াম-সিলিকেট। ইহা প্রাকৃতিক খনিজ পদার্থ **জিওলাইটের** (zeolite) অনুরূপ। এরূপ **সোডিয়াম-অ্যালুমিনিয়াম-সিলিকেটের** কৃত্রিম যৌগকে (Na_2-পারমুটিট) বাণিজ্যিক ভাষায় **পারমুটিট** [$NaAlSiO_4$, $3H_2O$] বলা হয়।

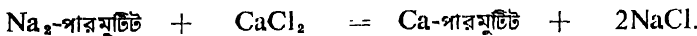
প্রথম পর্যায়ে স্থায়ী ও অস্থায়ী খরতা-সম্পন্ন জল পারমুটিট স্তরের ভিতর দিয়া পরিস্রুত বা ফিলটার করা হয়। পারমুটিট স্তরের ভিতর দিয়া পরিস্রাবনের সময়ে খর-জলে দ্রবীভূত লবণের ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, বা আয়রনের ক্ষারকীয় মূলকের (basic radical) সঙ্গে পারমুটিটের সোডিয়াম মূলকের বিনিময় ঘটে। এরূপ বিক্রিয়ায় পারমুটিট দ্রাব্য

ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম বা আয়রনের দ্রবণীয় লবণগুলিকে অদ্রাব্য যৌগে রূপান্তরিত করিয়া জল হইতে অধঃক্ষিপ্ত করিয়া দ্রবীভূত করে। এইরূপে পারমুটিট স্তরের নীচে সঞ্চিত জল মৃদু-জলে পরিণত হয়।

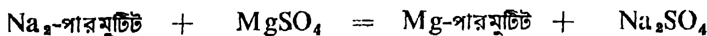


পারমুটিট প্রণালীর যান্ত্রিক কাঠামো

প্রস্তুতি প্রণালী একটি ড্রামের নীচের দিকে একখানি সচ্ছিদ্র প্লেটের উপরে পাথরের নুড়ি ও তাহার উপর দিকে বালি ও পরে পারমুটিটের ছোট ছোট টুকরা (granules) স্তরে স্তরে ড্রামের উপর পর্যন্ত সাজানো থাকে। ড্রামের উপর দিক হইতে খরজল পারমুটিটের স্তর ভেদ করিয়া নামিয়া আসিতে থাকে এবং খরতা হারাইয়া মৃদু-জলে পরিণত হয়। কয়েক ঘন্টা ধরিয়া পারমুটিটের সোডিয়ামের সহিত জলের ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়ামের বিনিময় ঘটিবার ফলে পারমুটিটের ক্রমে অকার্যকর হইয়া পড়ে। তখন নীচের মুখ বন্ধ করিয়া ড্রামের মধ্যে সাধারণ লবণের (সোডিয়াম ক্লোরাইড) দ্রবণ ভরিয়া কয়েক ঘন্টা রাখিয়া দেওয়া হয়। ইহাতে পারমুটিটের ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম, সোডিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় এবং সোডিয়াম পারমুটিট পুনরায় ব্যবহারের উপযোগী হয়। ইহার পর লবণ জল বাহির করিয়া দিয়া আবার খর-জল প্রবেশ করিতে দেওয়া হয়।



Na_2-পারমুটিট $+ \; CaCl_2 = $ Ca-পারমুটিট $+ \; 2NaCl.$



Na_2-পারমুটিট $+ \; MgSO_4 = $ Mg-পারমুটিট $+ \; Na_2SO_4$

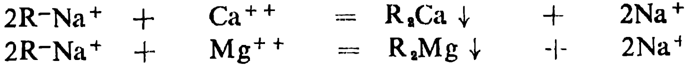
(গ) **আয়ন-বিনিময়-পদ্ধতি** (Ion exchange process): বর্তমানে যে-কোন প্রাকৃতিক জলকে বিশুদ্ধ করিবার উপযোগী নানাবিধ রেজিন (resins) জাতীয় পদার্থ আবিষ্কৃত হইয়াছে। ঐ সকল রেজিনের মধ্য দিয়া জল পরিস্রুত করিলে জলের যাবতীয় দ্রবীভূত লবণ অপসারিত করিয়া একেবারে পাতিত জলের (distilled water) ন্যায় বিশুদ্ধ করা হয়।

বর্তমানে পারমুটিট পদ্ধতি প্রায় অপ্রচলিত। **রেজিন** নামক কৃত্রিম জৈব যৌগের আয়ন-বিনিময় পদ্ধতিতে বর্তমানে জলের খরতা অনেক সহজে এবং অধিকতর কার্যকরীভাবে দূর করা হয়। এরূপ রেজিন বিরাটাকার জৈব অণুরূপে গঠিত (RSO_3-H); সোডিয়াম ক্লোরাইড ($NaCl$) দ্রবণের সঙ্গে রেজিনের মিশ্রণের ফলে রেজিনের হাইড্রোজেন আয়নের সঙ্গে সোডিয়াম আয়নের বিনিময় ঘটে। বিক্রিয়া:



$$RSO_3^- + H^+ + Na^+Cl^- \rightleftharpoons RSO_3^-Na^+ + H^+Cl^-$$

খর জলের মধ্যে যে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম লবণ থাকে তাহার সঙ্গে রেজিনের এই সোডিয়াম আয়নের বিক্রিয়ায় অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের রেজিন যৌগ অধঃক্ষিপ্ত হয়। বিক্রিয়া ঃ



$$2R^-Na^+ + Ca^{++} = R_2Ca \downarrow + 2Na^+$$
$$2R^-Na^+ + Mg^{++} = R_2Mg \downarrow + 2Na^+$$

রেজিনের ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম যৌগ লবণ (NaCl) দ্রবণ দ্বারা পুনরায় রেজিন যৌগ উদ্ধার করা যায় (পারমুটিট পদ্ধতির ন্যায়।)

খর জল ব্যবহারে ক্ষতি ও জল মৃদুকরণের প্রয়োজনীয়তা (Necessity for softening of water) ঃ (i) খর-জল ব্যবহার করিলে লণ্ড্রীর কাজে অর্থাৎ ধোলাইয়ের কাজে অনেক বেশী পরিমাণে সাবানের প্রয়োজন হয় এবং যতক্ষণ পর্যন্ত না ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের লবণ অপসারিত হয় ততক্ষণ পর্যন্ত সাবানের কোন ক্রিয়া হয় না। খর-জল ব্যবহার করিলে লোহার জন্য কাপড়ে দাগ পড়ে। কারণ, লোহার অদ্রবণীয় লবণ কাপড়ের তন্তুতে অধঃক্ষিপ্ত হয়। (ii) খর-জল ব্যবহার করিলে কারখানার বয়লারে কঠিন অদ্রবণীয় ধাতব লবণের স্তর পড়ে, ইহাতে বয়লারের দেওয়াল ক্ষয় হইয়া যায় ও বয়লার ফাটিয়া দুর্ঘটনা ঘটার সম্ভাবনা দেখা দেয়। (iii) খর-জলে ডাল ইত্যাদি সহজে সিদ্ধ করা যায় না। অতিরিক্ত খর-জল স্বাস্থ্যের পক্ষেও অপকারী। (iv) কাগজ, কৃত্রিম সিল্ক ও রঞ্জন শিল্পে খর-জল ব্যবহার করিলে বিশেষ করিয়া আয়রনের জন্য একপ্রকার বাদামী বর্ণের দাগ সৃষ্টি হয়। সেজন্য ধোলাইয়ের কাজে, বয়লারে, এবং বিভিন্ন রাসায়নিক শিল্পে মৃদুজল ব্যবহার করা হয়।

3·5. ধর্ম (Properties) ঃ

(a) **ভৌত ধর্ম** (Physical properties) ঃ (i) জল একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন ও স্বাদহীন তরল পদার্থ। ঘন স্তরে জলের বর্ণ নীলাভ দেখায়। (ii) জল সাধারণ তাপমাত্রায় বাষ্পায়িত হয়। জল 100°C তাপমাত্রায় ফুটিতে আরম্ভ করে এবং 0°C তাপমাত্রায় কঠিন বরফে পরিণত হয়। (iii) জলের ঘনত্ব 1, 4°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সবচেয়ে বেশী। ইহার নিম্ন তাপমাত্রায় জল স্ফীত হইতে আরম্ভ করে। বরফ তাই জলের চেয়ে হালকা। (iv) জল তাপ ও বিদ্যুতের সক্ষম পরিবাহক নয়। অ্যাসিড বা অন্য কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য মিশ্রণে জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। (v) জল সর্বোৎকৃষ্ট দ্রাবক। ইহাতে সকল রকম অ্যাসিড, ক্ষার ও বহু রকম লবণ দ্রবীভূত করা যায়। (vi) সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে জল মিশ্রিত করিলে তাপ সৃষ্টি হয়, পক্ষান্তরে জলের সঙ্গে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রণে দ্রবণ শীতল হইয়া যায়। (vii) সোদক কেলাসের বর্ণ ও আকার কেলাস জলের পরিমাণের উপরে নির্ভর করে। (জলের বিস্তৃত ভৌত ধর্ম দ্বিতীয় খণ্ডের পাঠ্য বিষয়।)

(b) **রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical properties) ঃ

(i) **বায়ুর ক্রিয়া** (Action of air) ঃ জলের সঙ্গে বায়ুর কোন ক্রিয়া নাই,—শুধু স্বল্প পরিমাণে বায়ু জলে দ্রবীভূত হয়।

(ii) **তাপের প্রভাব** (Action of heat) : দুই আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন অক্সিজেন মিশ্রণে তড়িৎ স্ফুলিঙ্গে জল গঠনের যে বিক্রিয়া ঘটে তাহা তাপ-উৎপাদক (exothermic)। বিক্রিয়া : $2H_2+O_2=H_2O+2\times68,000$ ক্যালরি।

(iii) **অ্যাসিডের ক্রিয়া** (Action of acids) : জলের সঙ্গে অ্যাসিডের কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে না,—সকল অনুপাতে জলের সঙ্গে হাইড্রোক্লোরিক, নাইট্রিক, ও সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করা যায়।

(iv) **ক্ষারের ক্রিয়া** (Action of alkali) : জলের উপর ক্ষারের কোন বিক্রিয়া নাই—ক্ষার জলের মধ্যে বিশেষভাবে দ্রবীভূত হয়। এরূপ ক্ষার দ্রবণ স্পর্শে পিচ্ছিল। কস্টিক সোডা ও কস্টিক পটাশ জলে দ্রবীভূত হইবার সময়ে তাপ সৃষ্টি হয়।

(v) **লবণের ক্রিয়া** (Action of salts) : সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও অ্যামোনিয়াম অর্থাৎ, **ক্ষারধর্মী ধাতুর লবণ** বা যৌগ জলের মধ্যে দ্রবণীয়। মার্কিউরাস ও সিলভার ক্লোরাইড জাতীয় কয়েকটি লবণ ছাড়া সমস্ত **ধাতুর ক্লোরাইড লবণ**; লেড, ক্যালসিয়াম ইত্যাদি কয়েকটি ধাতু ব্যতীত সমস্ত ধাতুর **সালফেট লবণ** এবং সমস্ত ধাতুর **নাইট্রেট লবণ** জলে দ্রবণীয়। ক্ষারীয় ধাতু (Na, K, NH_4) ছাড়া সমস্ত ধাতুর কার্বনেট ও সালফাইড লবণ **জলে অদ্রবণীয়**।

কোন কোন ধাতব লবণ জলের সংস্পর্শে বিশ্লেষিত হইয়া যায়, এরূপ বিশ্লেষণকে বলা হয় আর্দ্র-বিশ্লেষণ (hydrolysis)। [তড়িৎ-বিশ্লেষণ অধ্যায় (2য় খণ্ড) দ্রষ্টব্য]

ধাতু তড়িৎ-রাসায়নিক সারি
পটাসিয়াম
সোডিয়াম
ক্যালসিয়াম
ম্যাগনেসিয়াম
জিংক
আয়রণ
টিন, লেড
হাইড্রোজেন
টিন
কপার
মার্কারী
সিলভার
প্লাটিনাম
গোল্ড

(vi) **তড়িৎ বিশ্লেষণে** (By electrolysis) : জল অত্যন্ত মৃদু তড়িৎ পরিবাহী বলিয়া বিশুদ্ধ অবস্থায় অতি সামান্য পরিমাণে জলের তড়িৎ-বিয়োজন (electrolytic dissociation) ঘটে। বিক্রিয়া : $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

কিন্তু জলের মধ্যে অ্যাসিড, ক্ষার বা লবণ অর্থাৎ কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য (electrolyte) মিশ্রিত করিলে জলের দ্রুত তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঘটান যায়।

(vii) **ধাতুর বিক্রিয়া** (Action of metals) : ধাতুর তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে (Electro-chemical series of metals) হাইড্রোজেনের উপর যে সকল ধাতুর স্থান রহিয়াছে তাহারা জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া জল-অণু হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত অর্থাৎ অপসারিত করিতে পারে।

কিন্তু ধাতুর স্থান সারির যত নীচের দিকে নামিতে থাকে জলের উপরে উহাদের বিক্রিয়া ঘটাইবার ক্ষমতা তত হ্রাস পায়। [দ্বিতীয় খণ্ড পাঠের পরে পুনঃপঠনের সময়ে অনুধাবন-যোগ্য]

বিক্রিয়াহীন ধাতু ঃ হাইড্রোজেনের নিচে অবস্থিত টিন, কপার, মার্কারী, সিলভার, প্লাটিনাম ও গোল্ডের উপরে জলের কোন বিক্রিয়া নাই, স্টীমের উপরে লাল-তপ্ত (Red hot) কপারের কোন বিক্রিয়া নাই কিন্তু শ্বেত-তপ্ত (white hot) কপারকে জল সামান্য পরিমাণে অক্সাইডে পরিণত করে।

(viii) **অ-ধাতুর ক্রিয়া** (Action of non-metals) ঃ জলের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় স্বাভাবিক অবস্থায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও ওজোন রূপে (O_3) অক্সিজেন তৈরী হয়। সূর্যালোকে ক্লোরিন ও ব্রোমিন জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোক্লোরিক ও হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড তৈরী করে। লাল-তপ্ত কার্বন, স্টীমের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন ও কার্বন মনক্সাইড (ওয়াটার গ্যাস) তৈরী করে। নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, সালফার, ফসফরাস ইত্যাদি অ-ধাতুগুলি জলের উপরে বিক্রিয়াহীন।

জলের সঙ্গে ক্লোরিন ও ব্রোমিনের লঘু মিশ্রণকে যথাক্রমে **ক্লোরিন-জল** (Chlorine water) ও **ব্রোমিন-জল** (bromine water) বলা হয়। ক্লোরিন বা ব্রোমিনের সংপৃক্ত দ্রবণ 0°C তাপমাত্রায় **ক্লোরিন হাইড্রেট** (cholorine hydrate)—$Cl_2,6H_2O$ বা **ব্রোমিন হাইড্রেট** (bromine hydrate)—$Br_2,8H_2O$ কেলাস বা দানা তৈরী হয়।

(ix) **ধাতুর অক্সাইডের বিক্রিয়া** (Action of metallic Oxides) ঃ

(ক) জলের সঙ্গে সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও ক্যালসিয়াম জাতীয় ক্ষারীয় ধাতুর অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্ষার তৈরী হয়। বিক্রিয়া ঃ $Na_2O+H_2O=2NaOH.$



$$K_2O+H_2O=2KOH, CaO+H_2O=Ca(OH)_2$$

এইরূপ বিক্রিয়ার পরে প্রাপ্ত তরলে লাল লিটমাস কাগজ ভিজাইলে ইহা নীল হইয়া যায় এবং তাহাতে প্রমাণিত হয় যে দ্রবণে ক্ষার সৃষ্টি হইয়াছে।

(খ) স্বাভাবিক অবস্থায় কপার, আয়রন, জিংক, মার্কারী ইত্যাদি ভারী ধাতুর অক্সাইডগুলি জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইতে সক্ষম নয়।

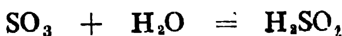
(x) **অ-ধাতব অক্সাইডের বিক্রিয়া** (Action of non-metallic oxides) ঃ—
(ক) কার্বন, সালফার, ফসফরাস, নাইট্রোজেন ইত্যাদি ধাতুর অ্যাসিডিক অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া বিভিন্ন অ-ধাতুর নামযুক্ত অ্যাসিড তৈরী হয়। বিক্রিয়া ঃ



$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$ কার্বনিক অ্যাসিড (অস্থায়ী)



$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$ সালফিউরাস অ্যাসিড (অস্থায়ী)



$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$ সালফিউরিক অ্যাসিড



$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$ ফসফরিক অ্যাসিড



$N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$ নাইট্রিক অ্যাসিড

এজন্য সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3)-কে সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4), নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইডকে (N_2O_5) নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3) এবং ফসফরাস্ পেন্টক্সাইডকে (P_2O_5) ফসফরিক্ অ্যাসিডের (H_3PO_4) অনার্দ্র (anhydride) বলা হয়।

বিক্রিয়ার পর দ্রবণে নীল লিটমাস কাগজ ডুবাইলে উহা লাল বর্ণ ধারণ করে। কারণ, দ্রবণে অ্যাসিড তৈরী হয় : অনার্দ্র + জল → অ্যাসিড।

(খ) নাইট্রিক অক্সাইড (NO) কার্বন মনক্সাইড (CO) জাতীয় নিরপেক্ষ অধাতব অক্সাইড জলে অদ্রবণীয় ও বিক্রিয়াহীন।

(xi) **কেলাস জল** (Water of crystallisation) : অনেক ধাতব লবণের কেলাস জল অনেক সোদক কেলাসের বর্ণ ও আকার সৃষ্টির জন্য দায়ী। যথা : $CuSO_4 . 5H_2O$.

(xii) **অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়া** (Action of ammonia) : অ্যামোনিয়ার সঙ্গে জলের বিক্রিয়ায় হাইড্রক্সাইড তৈরী হয়। এই দ্রবণকেই লঘু অ্যামোনিয়া (dilute ammonia) বলা হয়। বিক্রিয়া : $NH_3 + H_2O = NH_4OH$.

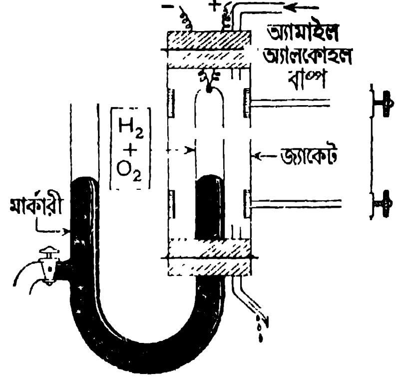
(xiii) **জল বিশোষক** (Absorbents of water) : বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড (fused $CaCl_2$), ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড (Conc. H_2SO_4), ফসফরাস পেন্টক্সাইড (P_2O_5), সিলিকা জেল (সিলিকার কলয়েড দ্রবণ) এবং ম্যাগনেসিয়াম পারক্লোরেট [$Mg(ClO_4)_2$] বিশেষভাবে জল শোষণ করিতে সক্ষম।

3·6. জলের সনাক্তকরণ (Indentification of water) : (i) বিশুদ্ধ জল বর্ণহীন, স্বাদহীন ও গন্ধহীন পদার্থ। (ii) বিশুদ্ধ জলের সংস্পর্শে লাল বা নীল লিটমাস কাগজের কোন বর্ণান্তর ঘটে না। (iii) বিশুদ্ধ জল 760 mm. চাপে 0°C তাপমাত্রায় বরফে ও 100°C তাপমাত্রায় স্টীমে পরিণত হয়। (iv) অনার্দ্র সাদা কপার সালফেট পাউডার জলের সংস্পর্শে নীলবর্ণে পরিণত হয়, (v) জলের সংযোগে চুন উত্তাপ সৃষ্টি করিয়া প্রথমে ফুটিয়া উঠে এবং ভাঙ্গিয়া ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড তৈরী করে।

3·7. জলের আয়তনিক গঠন (Volumetic Composition of water) **হফ্‌ম্যানের পরীক্ষা** (Hofmann's experiment) : দুই আয়তন হাইড্রোজেন এবং এক আয়তন অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় যে দুই আয়তন জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হয়, হফ্‌ম্যানের পরীক্ষায় তাহা সুস্পষ্টভাবে অনুধাবন করা যায়।

হফ্‌ম্যানের পরীক্ষা-যন্ত্রটি একটি প্রশস্ত ব্যাসযুক্ত U-নলরূপে গঠিত। ইহার বাহু-নল দুইটির একটির মুখ খোলা এবং অপরটির বন্ধ। খোলা মুখের নীচের দিকে একটি ট্যাপ থাকে। বন্ধ মুখের উপরের দিকে দুইটি প্লাটিনাম তার সংযুক্ত করিয়া তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ উৎপন্ন করার ব্যবস্থা আছে। বন্ধ মুখটিকে বেষ্টন করিয়া মোটা টিউবের একটি জ্যাকেট থাকে এবং এই জ্যাকেটের মধ্য দিয়া ফুটন্ত অ্যামাইল অ্যালকোহল বাষ্প চালিত করিবার ব্যবস্থা থাকে। ফুটন্ত অ্যামাইল অ্যালকোহলের বাষ্পের উষ্ণতা 132°C। প্রথমে পারদ অপসারিত

করিয়া U-নলের বন্ধ-বাহুতে জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণে উৎপন্ন দুই আয়তন হাইড্রোজেন এবং এক আয়তন অক্সিজেনের গ্যাস মিশ্রণ প্রবেশ করানো হয়। তারপর অ্যামাইল অ্যালকোহল বাষ্প ঢুকাইয়া ঐ মিশ্র গ্যাসের উষ্ণতা 132°C করা হয়। অতঃপর দুই বাহুর পারদ একই সমতলে আনা হয় এবং গ্যাসের আয়তন মাপা হয়। যদি ঐ আয়তন 30 ml. হয়, তবে উহার মধ্যে অবশ্যই 20 ml. হাইড্রোজেন ও 10 ml. অক্সিজেন থাকিবে। ইহার পর ব্যাটারীর সাহায্যে গ্যাস-মিশ্রণের মধ্যে তড়িৎ স্পর্শ দিয়া বিস্ফোরণ ঘটানো হয়। ইহাতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে। ইহার পরে U-নলের দুই বাহুর পারদ সমতলে আনিলে দেখা যায় যে, উৎপন্ন বাষ্পের আয়তন 20 ml.। এই পরীক্ষা হইতে জানা যায় যে, **একই উষ্ণতায় ও চাপে দুই আয়তন হাইড্রোজেন এক আয়তন অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইয়া দুই আয়তন জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে।**



হফম্যানের জলের আয়তন সংযুক্তি পরীক্ষা

জলের সংকেত নির্ণয় (Determination of formula of water) :

হফ্ম্যানের পরীক্ষা হইতে জানা যায়, 2 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেন 2 আয়তন বাষ্প গঠন করে।

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী, সমচাপ ও তাপমাত্রায় সম-আয়তন যে-কোন গ্যাসে সম-সংখ্যক অণু বর্তমান। সুতরাং এক আয়তন গ্যাসে যদি 'n' সংখ্যক অণু থাকে তাহা হইলে :

2n অণু হাইড্রোজেন + n অণু অক্সিজেন গঠন করে 2n অণু জলীয় বাষ্প

অথবা, 2 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু অক্সিজেন গঠন করে 2 অণু জলীয় বাষ্প

অথবা, 1 অণু হাইড্রোজেন + $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন গঠন করে 1 অণু জলীয় বাষ্প

অ্যাভোগাড্রোর উপ-সিদ্ধান্ত অনুযায়ী হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন অণু দুইটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত।

সুতরাং, 2 পরমাণু হাইড্রোজেন + 1 পরমাণু অক্সিজেন গঠন করে 1 অণু জলীয় বাষ্প

অর্থাৎ, একটি জল অণুর সংকেত—H_2O

পরীক্ষানুযায়ী জলীয় বাষ্পের **বাষ্প ঘনত্ব** (vapour density) = 9

∴ অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের উপ-সিদ্ধান্ত অনুযায়ী

জলের আণবিক ওজন $= 2 \times 9 = 18$

হফ্ম্যান পরীক্ষার ফল হইতে নির্ণীত জলের অণুর সংকেত H_2O

সুতরাং এরূপ জলের (H_2O) আণবিক ওজনও $=2\times1+16=18$

তাই জলের যথার্থ আণবিক সংকেত—H_2O

3·8. জলের মৌলিক বা ওজনগত গঠন (Gravimetric composition of water) :

জলের তৌলিক বা ওজনগত (by weight) গঠন অর্থাৎ ওজন হিসাবে জলের মৌল উপাদান হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনর অনুপাত কত তাহা নির্ভুলভাবে সর্বপ্রথম স্থির করেন বিজ্ঞানী ডুমা (Duma)।

ডুমার পরীক্ষা : রাসায়নিক তত্ত্ব (Chemical principle) : তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডের (CuO) উপরে হাইড্রোজেন (H_2) চালনা করিলে কিউপ্রিক অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতব কপারে পরিণত হয়। ব্যবহৃত হাইড্রোজেন ও কিউপ্রিক অক্সাইড যদি বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হয় এবং বিক্রিয়ার আগে কিউপ্রিক অক্সাইড ও বিক্রিয়ার পরে প্রাপ্ত কপার এবং জল (বাষ্প) যদি নির্ভুলভাবে ওজন করা যায় তাহা হইলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মৌলিক অনুপাত (ratio by weight) সঠিকভাবে নির্ণয় করা সম্ভব। কিউপ্রিক অক্সাইড হইতে কপারের ওজন বাদ দিলে অক্সিজেনের ওজন পাওয়া যায় এবং জলের ওজন হইতে এই অক্সিজেনের ওজন বাদ দিলে হাইড্রোজেনের ওজন পাওয়া যায়। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের তুলনা করিলে বাস্তব পরীক্ষায় অনুপাত (ratio) নির্দিষ্ট হইবে :

$$\frac{\text{হাইড্রোজেনের ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}}=\frac{1}{8}$$

পরীক্ষা : ডুমার পরীক্ষায় কিউপ্রিক অক্সাইড রাখার জন্য ব্যবহার করা হয় একটি শক্ত কাচের দহন নল (combustion tube) এবং কিউপ্রিক অক্সাইড বুনসেন দীপের সাহায্যে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। দহন-নলের আগম-মুখে (inlet) একটি বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ভরা বাল্ব এবং নির্গম-মুখে (outlet) আর একটি বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ভরা U-নল বায়ু-নিরূদ্ধভাবে (air-tight) ফিট করা থাকে। বায়ুর জলীয় বাষ্প প্রবেশ রোধ করার জন্য ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ভরা আর একটি রক্ষক-নল (guard tube) U-নলে লাগান থাকে। জিংক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন তৈরী করা এবং এই হাইড্রোজেন নির্গম নলের মাধ্যমে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ভরা বাল্বের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় শুষ্ক হইয়া দহন-নলে প্রবেশ করে। বিজারণের ফলে উৎপন্ন জলীয় বাষ্প শোষণ করে দহন-নলের নির্গম-মুখের সঙ্গে U-নলের ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড এবং দহন নলে অবশিষ্ট থাকে ধাতব কপার। দহন-নল উত্তপ্ত করার পূর্বে হাইড্রোজেন চালাইয়া এরূপ নলে অবস্থিত বায়ু অপসারিত করা হয় এবং পরীক্ষার পরেও বুনসেন দীপ সরাইয়া হাইড্রোজেন প্রবাহিত করিয়া ইহা শীতল করা হয়।

['অক্সিজেনের তুল্যাংকভার নির্ণয়ের পরীক্ষা' চিত্র দেখ]

[ডুমার পরীক্ষা যন্ত্র : উপরের পরীক্ষাটি ডুমার পরীক্ষার একটি অতি সরল বর্ণনা। বাস্তব পরীক্ষায় ডুমা হাইড্রোজেন বিশুদ্ধ ও শুষ্ক করার জন্য লেড নাইট্রেট দ্রবণ, সিলভার সালফেট দ্রবণ, কঠিন কস্টিক পটাশ, ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড এবং বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ভরা পাঁচটি U-নল ব্যবহার করেন এবং উৎপন্ন জলীয় বাষ্প সংগ্রহ করার জন্য দহন নল বা বাল্বের নির্গম মুখে একটি অতিরিক্ত বাল্ব, একটি কঠিন কস্টিক পটাশ ভরা এবং দুইটি ফসফরাস পেন্টক্সাইড ভরা U-নল এবং শেষ প্রান্তে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ভরা একটি রক্ষক নল ব্যবহার করেন।]

পরীক্ষার ফল গণনা (Calculation of Result) :

পরীক্ষার পূর্বে দহন-নল + কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন $= W_1$ গ্রাম

পরীক্ষার পরে দহন-নল + কপারের ওজন $= W_2$ গ্রাম

পরীক্ষার পূর্বে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ভরা U-নলের ওজন $= W_3$ গ্রাম

পরীক্ষার পরে জলীয় বাষ্প + ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ভরা U নলের ওজন $= W_4$ গ্রাম

সুতরাং অক্সিজেনের ওজন $= (W_1 - W_2)$ গ্রাম

এবং জলের ওজন $= (W_4 - W_3)$ গ্রাম

$\therefore$ হাইড্রোজেনের ওজন $= [(W_4 - W_3) - (W_1 - W_2)]$ গ্রাম।

নির্ভুল পরীক্ষায় দেখা যায় :

$$\frac{\text{হাইড্রোজেনের ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}} = \frac{(W_4 - W_3) - (W_1 - W_2)}{(W_1 - W_2)} = \frac{1}{8}.$$

[বাস্তব পরীক্ষায় ডুমার ফল এইরূপ : হাইড্রোজেন : অক্সিজেন $= 1 : 7{\cdot}98$]

জলের সংকেত নির্ণয় (Determination of formula of Water) : পরীক্ষার ফল অনুযায়ী জানা যায় যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের তৌলিক বা ওজনগত অনুপাত—1 : 8 ;

সুতরাং দেখা যায়, $$\frac{1}{8} = \frac{a \times \text{হাইড্রোজেন পারমাণবিক ওজন}}{b \times \text{অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন}}$$

অর্থাৎ, জলের অণুতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যার অণুপাত $= \frac{a}{b}$.

$$\therefore \frac{1}{8} = \frac{a \times 1}{b \times 16}, \text{ অথবা, } \frac{a}{b} = \frac{2}{1}.$$

এরূপ অনুপাত দৃষ্টে এই সিদ্ধান্ত করা যায় যে, একটি জলের অণুতে দুইটি হাইড্রোজেন ও একটি অক্সিজেন পরমাণু বর্তমান। সুতরাং জলের সংকেত—H_2O.

বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় যে, জলের বাষ্প ঘনত্ব (vapour density) = 9.

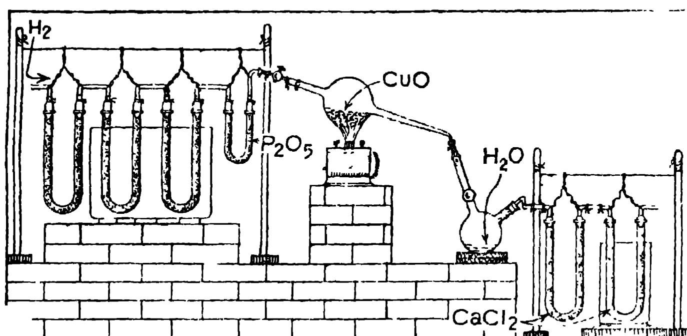
∴ অ্যাভোগাড্রোর উপ-সিদ্ধান্ত অনুযায়ী জলের আণবিক ওজন $=2\times9=18$.
ডুমার পরীক্ষা-লব্ধ সংকেত অনুযায়ী জলের (H_2O) আণবিক ওজন $=2\times1+16=18$

সুতরাং, এই সিদ্ধান্ত করা যায় যে জলের সংকেত—H_2O.

ডুমার পরীক্ষার সতর্কতা (Precautions in Duma's expt)ঃ (i) এরূপ পরীক্ষায় হাইড্রোজেন ও কিউপ্রিক অক্সাইড শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হওয়া প্রয়োজন। (ii) পরীক্ষায় ব্যবহৃত U-নল, বাল্ব ইত্যাদি বায়ু-নিরন্ধ্রভাবে ফিট্ করা প্রয়োজন। (iii) বিজারণ ক্রিয়া আরম্ভ করার পূর্বে দহন-নল বা বাল্বের বায়ু হাইড্রোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা আবশ্যক। (iv) পরীক্ষার পরে কপারকে পুনরায় অক্সাইডে পরিণত হওয়ার সুযোগ না দেওয়ার জন্য এবং পরীক্ষায় উৎপন্ন জলীয় বাষ্পের দহন-নলমুখী পশ্চাৎধাবন রোধ করার জন্য দহন-নল শীতল না হওয়া পর্যন্ত হাইড্রোজেনের প্রবাহ অব্যাহত রাখা দরকার। (v) বায়ুর জলীয় বাষ্প পরীক্ষা-যন্ত্রে প্রবেশ রোধ করার জন্য একটি রক্ষক-নল ব্যবহার করা প্রয়োজন।

ডুমার পরীক্ষায় ত্রুটি (Defects)ঃ (i) পর্যাপ্ত সতর্কতা সত্ত্বেও দহন-নল বা বাল্ব যে হাইড্রোজেন দ্বারা পূর্ণ থাকে তাহা কপারের ওজনে সামান্য তারতম্য ঘটায়। (ii) হাইড্রোজেন উৎপাদনের জন্য ব্যবহৃত সালফিউরিক অ্যাসিডে যে সামান্য অক্সিজেন দ্রবীভূত থাকে তাহা বিজারণের পরে প্রাপ্ত কপারকে পুনরায় অক্সাইডে পরিণত করে এবং সে জন্য ডুমার সূক্ষ্ম পরীক্ষায় উৎপন্ন জলীয় বাষ্পের ওজন সামান্য বৃদ্ধি পায়।

ডুমার পরীক্ষাঃ 1873 খ্রীষ্টাব্দে সর্বপ্রথম জলের তৌলিক গঠন নির্ণয় করেন ফরাসী বিজ্ঞানী ডুমা। ডুমা হাতে-কলমে কাজ করার একজন দক্ষ রাসায়নিক ছিলেন। এই পরীক্ষাটি



জলের তৌলিক সংযুতির পরীক্ষায় ডুমার যন্ত্র

[মাঝখানে তামার অক্সাইড-ভরা বাল্ব এবং বামপাশে হাইড্রোজেন বিশুদ্ধ করার জন্য রাসায়নিক পদার্থ ভরা U-নল ডানপাশে জল শোষণের জন্য ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড এবং রাসায়নিক পদার্থ ভরা একাধিক U-নল]

নির্ভুলভাবে সম্পন্ন করার জন্য তিনি পরীক্ষার যন্ত্রগুলি বিস্তৃতভাবে সাজান। হাইড্রোজেন গ্যাস যাহাতে বিশুদ্ধ হয় তাহার জন্য তিনি তামার অক্সাইড ভরা দহন-নলের প্রবেশ মুখে লেড নাইট্রেট

দ্রবণ, সিলভার সালফেট দ্রবণ, কঠিন কস্টিক পটাশ, ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-ভরা পাঁচটি নল ফিট করেন। সেইরূপ দহন নলের বা বাল্‌বের নির্গম নলের মুখেও একটি বাল্‌ব, একটি কঠিন কস্টিক পটাশ ভরা U-নল, দুইটি ফসফরাস পেন্টক্সাইড ভরা U-নল এবং বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ভরা একটি রক্ষক-নল ফিট করেন। হাইড্রোজেন সঙ্গে অথবা দহন-নল হইতে নির্গত জলীয় বাষ্পের সঙ্গে যাতে অন্য কোন পদার্থ মিশিতে না পারে তাহার জন্য তিনি এই সতর্কতা অবলম্বন করেন। যত্ন, পরিশ্রম ও সতর্কতা সহকারে এই পরীক্ষাটি সফল করার জন্য ডুমা যে কিরূপ উপায়ে পরীক্ষা-যন্ত্রটি সাজাইয়াছিলেন তাহার চিত্র আজও বিজ্ঞানী-সমাজে এক দর্শনীয় জিনিস হইয়া আছে। জলের গঠনে ডুমার পরীক্ষা-যন্ত্রের **আংশিক** চিত্রটি দেখিলেই ডুমার সতর্কতার গুরুত্ব লক্ষ্য করা যাইবে।

3·9. ভারী জল (Heavy water)**:** সাধারণ হাইড্রোজেনের অক্সাইড (H_2O) জল নামে পরিচিত। পক্ষান্তরে ডয়ট্রিয়ামের অক্সাইডকে (D_2O) বলা হয় ভারী জল (Heavy water)।

হাইড্রোজেন প্রস্তুতকারী সেলে অবশেষরূপে প্রাপ্ত জল 0·5(N)NaOH দ্বারা ক্ষারধর্মী করিয়া ইহা পাতিত করা হয়। এই ক্ষারীয় জলের বারংবার তড়িৎ বিশ্লেষণ ঘটাইয়া সপ্তম ধাপে পাওয়া যায় ভারী জল। এইভাবে 99% ভারী জল (D_2O) তৈরী করা যায়।

সাধারণ ও ভারী জল উভয়েই বর্ণহীন। ভৌতধর্মে ইহাদের পার্থক্য নিম্নরূপ **:**

ভৌত ধর্ম	H_2O	D_2O
আপেক্ষিক গুরুত্ব (20°C)	0·09982	1·1059
গলনাংক	0°C	3·82°C
স্ফুটনাংক	100°C	101·42°C
সর্বোচ্চ ঘনত্বের তাপমাত্রা	4°C	11°C

রাসায়নিক বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন (H) ও ডয়ট্রিয়ামের (D) বিনিময় ঘটে। যথা **:**



$$NH_4^+ + 2D_2O \rightarrow ND_4^+ + 2H_2O \; ; \; HCl + D_2O \rightarrow DCl + HOD$$



$$C_2H_2 + D_2O \rightarrow C_2D_2 + H_2O; \; SO_3 + D_2O \rightarrow D_2SO_4$$

ব্যবহার : (i) ভারী হাইড্রোজেন তথা ডয়ট্রিয়াম প্রস্তুতি; (ii) রাসায়নিক বিক্রিয়ার পদ্ধতি অনুধাবন; এবং (iii) নিউক্লিয়ার রিঅ্যাক্টরের মডারেটার (moderator) ইত্যাদি প্রয়োজনে ভারী জল ব্যবহার করা হয়। ভারতে কয়েকটি ভারী জল প্রস্তুতির কারখানা স্থাপনের কাজ শুরু হইয়াছে। ভারী জল পারমাণবিক বিদ্যুৎ তৈরীর কারখানায় ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন

1. মৃদুজল ও খরজল কাহাকে বলে? জলের খরতার কারণ কি। স্থায়ী খরজলকে কিভাবে মৃদুজলে পরিণত করা যায় তাহার একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

2. জল একটি যৌগিক পদার্থ, মিশ্রপদার্থ নহে—ইহা কি প্রকারে বুঝিবে তাহার কারণ সমূহের বর্ণনা দাও।

3. জলের সহিত বিভিন্ন ধাতু ও অধাতুর বিক্রিয়া সমীকরণসহ আলোচনা কর।

4. ধাতুর অক্সাইড ও অধাতুর অক্সাইডের সহিত জলের বিক্রিয়া কিরূপ—উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

5. নিম্নের কোন্‌টি জল বিশোষক তাহা বল।

(*a*) ফসফরাস পেন্টক্সাইড (*b*) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড (*c*) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড (*d*) সালফার ডাই অক্সাইড (*e*) বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড।

6. জলের আয়তনগত সংযুতি ও ওজনগত সংযুতি কি প্রকারে নির্ণয় করিবে তাহার বর্ণনা কর।

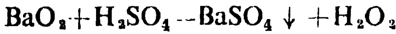
4 হাইড্রোজেন পারক্সাইড ও ওজোন

(Hydrogen peroxide and Ozone)

4·1. পরিচয় : হাইড্রোজেন অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া দুইরকম অক্সাইড গঠন করে। একটি অক্সাইডকে বলা হয় **হাইড্রোজেন মনক্সাইড বা জল,**—যাহার সংকেত H_2O এবং অপর অক্সাইডকে বলা হয় **হাইড্রোজেন পারক্সাইড** (Hydrogen peroxide); ইহার সংকেত H_2O_2।

1808 খ্রীষ্টাব্দে হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রথম আবিষ্কার করেন বিজ্ঞানী **থেনার্ড** (Thenard)। তিনি ইহার নাম দেন **অক্সিজেন সংযোজিত জল** (Oxygenated water) এবং ইহার সংকেত স্থির করেন—H_2O_2 ; গঠন : $H-O-O-H$, তাই হাইড্রোজেন পারক্সাইডের আণবিক ওজন স্থির হয় $2\times1+16\times2=34$.

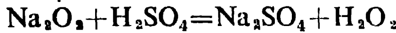
4·2. প্রস্তুতির মূল রাসায়নিক নীতি (Chemical principle of preparation) : বেরিয়াম পারক্সাইড (BaO_2) বা সোডিয়াম পারক্সাইড (Na_2O_2) এবং লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) বা ফসফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) ক্রিয়ান্বিত হইলে হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ায় উভয় বিকারককে প্রায় **হিমশীতল তাপমাত্রায়** রাখা প্রয়োজন। উৎপন্ন হাইড্রোজেন পারক্সাইড নিম্নচাপে পাতিত করিয়া সংগ্রহ করা হয়। বিক্রিয়া :



$$BaO_2+H_2SO_4=BaSO_4\downarrow+H_2O_2$$



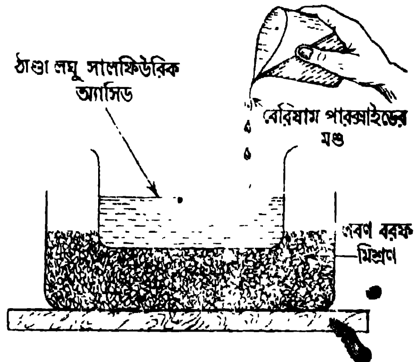
$$2BaO_2+2H_3PO_4=Ba_3(PO_3)_2\downarrow+3H_2O_2$$



$$Na_2O_2+H_2SO_4=Na_2SO_4+H_2O_2$$

রসায়নাগারের পদ্ধতি (Laboratory process) : রসায়নাগারে বেরিয়াম পারক্সাইড ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

একটি বীকারে অল্প পরিমাণে জল সিক্ত করিয়া বেরিয়াম পারক্সাইডের লেই (paste) তৈরী করা হয়। আর একটি বীকারে লওয়া হয় লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড। এই বীকারে দুইটিকে হিম-মিশ্রণের (বরফ+লবণ) উপর বসাইয়া হিম-শীতল (0°C) করা হয়। এই হিম-শীতল বেরিয়াম পারক্সাইড হিম-শীতল সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে ধীরে ধীরে ঢালা হয়। মিশ্রণে শেষ পর্যন্ত অতিরিক্ত অ্যাসিড রাখা হয়। কাচের শলা দিয়া মিশ্রণটি আলোড়িত করা হয়। বেরিয়াম পারক্সাইডের

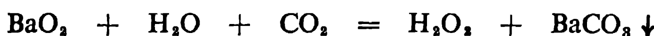


হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুতি

সঙ্গে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন পারক্সাইড ও বেরিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়। অদ্রাব্য ও সাদা বেরিয়াম সালফেট ($BaSO_4$) অধঃক্ষিপ্ত হইয়া তলায় পড়ে। উপরের তরলটি ফিলটার কাগজের সাহায্যে ছাঁকিয়া লওয়া হয়। এই পরিস্রুত তরলটিই হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জলীয় দ্রবণ।


বিক্রিয়া : $BaO_2 + H_2SO_4 = H_2O_2 + BaSO_4 \downarrow$

প্রস্তুতির অন্যান্য উপায় : 1. একটি পাত্রে বেরিয়াম পারক্সাইড পাউডার ও জল মিশ্রিত করিয়া পাত্রটি হিম-মিশ্রণের উপরে বসাইয়া শীতল (0°C) করিয়া এই শীতল মিশ্রণের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালানো হয়। বেরিয়াম পারক্সাইডের সঙ্গে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হয় ও বেরিয়াম কার্বনেট ($BaCO_3$) অধঃক্ষিপ্ত হয়। বিক্রিয়া :

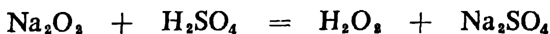

$BaO_2 + H_2O + CO_2 = H_2O_2 + BaCO_3 \downarrow$

বেরিয়াম কার্বনেট অদ্রবণীয় অধঃক্ষেপরূপে নিচে পড়ে। ইহা ছাঁকিবার পরে যে স্বচ্ছ তরল পাওয়া যায় তাহাই হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জলীয় দ্রবণ।

2. সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে অনেক সময় ফস্‌ফরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়। হাইড্রোজেন পারক্সাইডের স্থায়িত্ব কম। ফস্‌ফরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে ইহার স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায়। হিম-শীতল বেরিয়াম পারক্সাইড ও কিছুটা অতিরিক্ত হিম-শীতল ফসফরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় যে তরল হাইড্রোজেন পারক্সাইড গঠিত হয় তাহার মধ্যে সামান্য পরিমাণে ফস্‌ফরিক অ্যাসিড থাকিয়া যায়। বিক্রিয়া :


$3BaO_2 + 2H_3PO_4 = Ba_3(PO_4)_2 \downarrow + 3H_2O_2.$

3. **সোডিয়াম পারক্সাইড হইতে** (From sodium peroxide) : প্রায় হিম-শীতল লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে পরিমিত মাত্রায় সোডিয়াম পারক্সাইড (Na_2O_2) মিশাইয়া 30% মাত্রার হাইড্রোজেন পারক্সাইড তৈরী করা যায়। বিক্রিয়া :


$Na_2O_2 + H_2SO_4 = H_2O_2 + Na_2SO_4$

হিম-শীতল দ্রবণে সোডিয়াম সালফেট (Na_2SO_4) অধিকাংশ পরিমাণে অধঃক্ষিপ্ত হইয়া পড়ে এবং উপরের তরল ছাঁকিয়া লওয়া হয়। এই তরল নিম্ন বায়ু-চাপে অর্থাৎ অনুপ্রেষ পদ্ধতিতে পাতিত করা হয়। পাতিত তরলের শেষাংশ সংগ্রহ করিয়া বোতলে ভরিয়া রাখা হয়। 30% হাইড্রোজেন পারক্সাইডের দ্রবণকে বলা হয় **মার্কের পারহাইড্রল হাইড্রোজেন** (Merck's perhydrol)।

4·3. হাইড্রোজেন পারক্সাইডের ধর্ম :

(a) **ভৌত ধর্ম** (Physical properties) : (i) হাইড্রোজেন পারক্সাইড একটি বর্ণহীন স্বচ্ছ তরল পদার্থ। ঘন স্তরে এই তরলের মধ্যে একটি নীল আভা দেখা যায়; (ii) এই তরল সিরাপের মত ঘন এবং 0°C উষ্ণতায় ইহার ঘনত্ব 1·46; ইহার হিমাঙ্ক—0·89°C এবং 68 মিলিমিটার চাপে স্ফুটনাংক 84°C, স্বাভাবিক চাপে ইহার স্ফুটনাংক 151°C, (iii) ঘন

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের, নাইট্রিক অ্যাসিডের ন্যায় তীব্র গন্ধ আছে এবং ইহা স্বাদে কটু। (iv) হাইড্রোজেন পারক্সাইড জলের চেয়ে কম উদ্বায়ী এবং জলের মধ্যে ইহাকে যে-কোন পরিমাণে দ্রবীভূত করা যায়। ইহাকে জৈব তরল ইথার ও অ্যালকোহলের সঙ্গেও মিশানো যায়। (v) ইহা গায়ে পড়িলে ক্ষত সৃষ্টি করে।

(b) **রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical properties)ঃ (i) **স্থায়িত্ব** (stability)ঃ হাইড্রোজেন পারক্সাইড একটি তাপগ্রাহী (endothermic) যৌগ। ইহা জলের মত স্থায়ী যৌগিক পদার্থ নয়। স্বাভাবিক তাপমাত্রায় ইহার স্থায়িত্ব কম। হিম-শীতল তাপমাত্রায় (0°C) ইহার স্থায়িত্ব বেশি। ইহা তাপে, আলোক-রশ্মিপাতে, অমসৃণ পদার্থ এবং সোনা, প্লাটিনাম, ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডের (MnO_2) বা ক্ষারের সংস্পর্শে ভাঙ্গিয়া গিয়া জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। বিক্রিয়াঃ $2H_2O_2=2H_2O+O_2\uparrow$

151°C তাপমাত্রায় দ্রুত উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেন পারক্সাইড বিস্ফোরণের আকারে অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্পরূপে ফাটিয়া পড়ে।

স্থায়িত্ব বৃদ্ধি ও সংরক্ষণ (Preservation)ঃ স্বল্প পরিমাণে ফস্‌ফরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বা গ্লিসারিনের উপস্থিতিতে ইহার স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায় বলিয়া হাইড্রোজেন পারক্সাইডের সংরক্ষণের জন্য এরূপ পদার্থ ব্যবহার করা হয়।

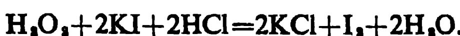
(ii) **জলীয় দ্রবণ** (Solution in water)ঃ জলের সঙ্গে মিশাইলে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের কোন বিক্রিয়া ঘটে না, শুধু জলীয় দ্রবণ তৈরী হয়। এরূপ বিশুদ্ধ জলীয় দ্রবণ তরল বা কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড ও ইথারের হিম-মিশ্রণে অতি শীতল করিয়া হাইড্রোজেন পারক্সাইডের স্ফটিক ($H_2O_2, 2H_2O$) তৈরী করা যায়।

(iii) **অ্যাসিড ধর্ম** (Acid property)ঃ লঘু অবস্থায় হাইড্রোজেন পারক্সাইড একটি নিরপেক্ষ বা প্রশমিত (neutral) পদার্থ, কিন্তু ঘন অবস্থায় ইহার মধ্যে অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায়। তাই, ঘন হাইড্রোজেন পারক্সাইডের সংস্পর্শে নীল লিটমাস কাগজ লাল হইয়া যায়।

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জারণ ও বিজারণ ধর্ম (Oxidising and reducing property)ঃ হাইড্রোজেন পারক্সাইডের একই সঙ্গে জারণ ও বিজারণ ক্ষমতা বর্তমান। ইহা হাইড্রোজেন পারক্সাইডের একটি বৈশিষ্ট্য।

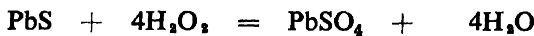
(i) **জারণ ক্ষমতা** (Oxidising property)ঃ হাইড্রোজেন পারক্সাইডের মধ্যে প্রবল জারণ ক্ষমতা বর্তমান। হাইড্রোজেন পারক্সাইড হইতে যে অক্সিজেন নির্মুক্ত হয় সেই সদ্যোজাত অক্সিজেন সহজেই অন্য পদার্থ জারিত করিতে পারে। বিক্রিয়াঃ $H_2O_2\rightarrow H_2O+O.$

(ক) ইহা বর্ণহীন অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI) লবণ হইতে বেগুনী রঙের আয়োডিন নির্মুক্ত করিয়া পটাসিয়াম আয়োডাইডকে আয়োডিনে (I_2) জারিত করে। বিক্রিয়াঃ



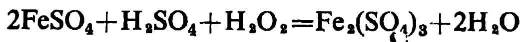
$$H_2O_2+2KI+2HCl=2KCl+I_2+2H_2O.$$

(খ) হাইড্রোজেন পারক্সাইড কালো লেড সালফাইডকে (PbS) সাদা লেড সালফেট ($PbSO_4$) পরিণত করে। বিক্রিয়া :



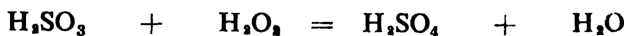
$$PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O$$

(গ) হাইড্রোজেন পারক্সাইড অ্যাসিড দ্রবণে ফেরাস সালফেটকে ($FeSO_4$) ফেরিক সালফেটে [$Fe_2(SO_4)_3$] পরিণত করে। বিক্রিয়া :



$$2FeSO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 = Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$$

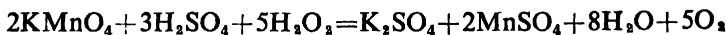
(ঘ) হাইড্রোজেন পারক্সাইড সালফিউরাস অ্যাসিডকে (H_2SO_3) সালফিউরিক অ্যাসিডে (H_2SO_4) পরিণত করে।



$$H_2SO_3 + H_2O_2 = H_2SO_4 + H_2O$$

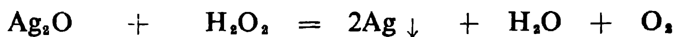
(ii) **বিজারণ-ক্ষমতা** (Reducing property) : শক্তিশালী জারক দ্রব্যের সংস্পর্শে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের বিজারণ-ক্ষমতাও বর্তমান।

(ক) অ্যাসিড মিশ্রিত বেগুনী রঙের পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) দ্রবণে হাইড্রোজেন পারক্সাইড মিশাইলে দ্রবণের রঙ বর্ণহীন হইয়া বিজারিত হয়। বিক্রিয়া :



$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$$

(খ) সিলভার অক্সাইডের (Ag_2O) সঙ্গে হাইড্রোজেন পারক্সাইড মিশাইলে সিলভার মুক্ত ধাতুরূপে (Ag) পৃথক হইয়া যায়। বিক্রিয়া :



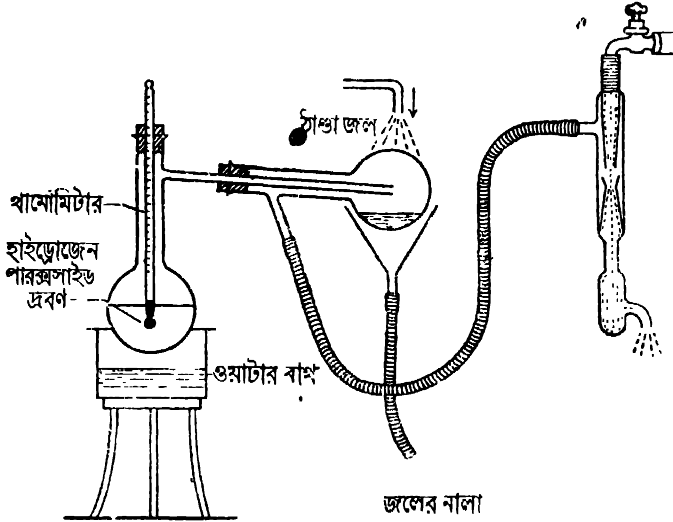
$$Ag_2O + H_2O_2 = 2Ag\downarrow + H_2O + O_2$$

4·4. বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুতি (Preparation of *Pure* H_2O_2) : সাধারণ হাইড্রোজেন পারক্সাইডে সর্বদা জল মিশ্রিত থাকে। হাইড্রোজেন পারক্সাইড হইতে জল অপসারিত করিয়া বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড তৈরী করা কষ্টসাধ্য। বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড তৈরী করা হয় এইভাবে :

(i) হাইড্রোজেন পারক্সাইড জলের চেয়ে কম উদ্বায়ী। স্বাভাবিক অবস্থায় জলের স্ফুটনাঙ্ক 100°C; কিন্তু হাইড্রোজেন পারক্সাইডের স্ফুটনাংক 151°C; তাই, জল হাইড্রোজেন পারক্সাইডের চেয়ে আগে বাষ্পায়িত হয়। সেজন্য প্রথমে হাইড্রোজেন পারক্সাইড একটি বেসিনে ঢালিয়া জলগাহের (waterbath) উপর বসাইয়া উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে জলীয় হাইড্রোজেন পারক্সাইডকে 60% পর্যন্ত ঘন করা যায়। ইহার বেশী ঘন করার চেষ্টা করা হইলে হাইড্রোজেন পারক্সাইড ভাঙ্গিয়া জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয়।

(ii) 100 ভাগ হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণে যে 40 ভাগ জল থাকে তাহা নিম্ন চাপে (reduced pressure) অর্থাৎ, পারক্সাইড দ্রবণের উপরের বায়ুর চাপ 15 মিলিমিটারে হ্রাস করিয়া জলকে বাষ্পায়িত করিয়া অপসারিত করা হয়। ন্যূনচাপে এরূপ বাষ্পায়ন পদ্ধতির কয়েকবার পুনরাবৃত্তি করা হয়। [85°C তাপমাত্রায় এবং 65 m.m. চাপে পাতিত করিয়াও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড তৈরী করা যায়।]

এজন্য অনুপ্রেষ পাতন (Vacuum distillation) **পন্থায় হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণ পতিত করার প্রয়োজন হয়।** (হাইড্রোজেন পারক্সাইডের উপর হইতে বায়ুর চাপ কিভাবে



হাইড্রোজেন পারক্সাইড ঘনীকরণ

কমানো হয় উপরের চিত্রটি লক্ষ্য করিলেই তাহা বোঝা যাইবে।) ন্যূন-চাপে পাতিতে এই হাইড্রোজেন পারক্সাইড 99·1 শতাংশ বিশুদ্ধ।

(iii) এরূপ প্রায়-বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড শেষ পর্যায়ে **বায়ুশূন্য শোষকাধারে** (vaccum desiccator) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের উপরে বসাইয়া রাখা হয়। ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন পারক্সাইডের বাকী জলকণা শুষিয়া লয়। ইহা—10°C তাপমাত্রায় হিমায়িত করিয়া বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড কঠিনাকারেও তৈরী করা যায়। এইভাবে সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড তৈরী করা সম্ভব হয়।

সাধারণ কাজের জন্য বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড ব্যবহার করা যায় না বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইডের প্রয়োজন শুধু রাসায়নিক পরীক্ষার জন্য।

হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণের শক্তি (Volume strength of H_2O_2) ঃ ঘন হাইড্রোজেন পারক্সাইড বাজারে বিক্রি করা হয় না। যে হাইড্রোজেন পারক্সাইড বিক্রি হয় তাহাতে জল মিশ্রিত থাকে এবং বোতলের গায়ে শক্তি লেখা থাকে, 10-আয়তন, 20-আয়তন (20 Vol. strength) ইত্যাদি। ইহার অর্থ, 1 ml. 10-আয়তন H_2O_2 হইতে প্রমাণ বায়ু চাপ ও তাপে (N.T.P.) 10 ml. আয়তনের অক্সিজেন নির্গত হয়। অর্থাৎ 10. ml. 10-আয়তন H_2O_2 হইতে (N.T.P.-তে) অক্সিজেন পাওয়া যাইবে $=10\times10=100$ ml. কারণ, হাইড্রোজেন পারক্সাইড হইতে সহজেই অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হয়। যথা ঃ $2H_2O_2=2H_2O+O_2\uparrow$

অর্থাৎ, N.T.P.-তে 68 গ্রাম বিশুদ্ধ H_2O_2 হইতে 22·4 লিটার অক্সিজেন (O_2) উৎপন্ন হয়।

4·5. সনাক্তকরণ (Test) : (i) অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI) দ্রবণে হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2) মিশাইলে আয়োডিন (I_2) পৃথক হয়। এই আয়োডিনের সংস্পর্শে বর্ণহীন স্টার্চ দ্রবণ নীলবর্ণে পরিণত হয়। (ii) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) মিশ্রিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) দ্রবণে হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2) মিশ্রিত করিলে বেগুনী রঙের পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ বর্ণহীন হইয়া যায়।

4·6. ব্যবহার (Uses) : হাইড্রোজেন পারক্সাইড ব্যবহার করা হয়—(i) রসায়নাগারে জারক পদার্থরূপে, (ii) পুরানো তৈল-চিত্রের বর্ণ উদ্ধারের জন্য, (iii) ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জিত করিলে যে সমস্ত জিনিস ক্ষতিগ্রস্ত হয় সেরূপ জিনিস—যথা, সিল্ক, উল, পালক, চুল ইত্যাদি বিরঞ্জিত ও পরিষ্কার করার প্রয়োজনে, (iv) ডাক্তারীর কাজে ও জীবাণুনাশক (antiseptic wash) দ্রব্যরূপে (v) এক প্রচণ্ডবিস্ফোরণকারী তথা জেট পরিচালিত রকেট পরিচালনার জ্বালানীরূপে এবং (vi) যে সব দ্রব্য ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জিত করা হয় সেই বিরঞ্জিত ক্রিয়ার অতিরিক্ত ক্লোরিন দূর করার জন্য। হাইড্রোজেন পারক্সাইডের আণবিক আকৃতি= H–O–O–H।

দ্রষ্টব্য : BaO_2, Na_2O_2—ইহারা পারক্সাইড, যেহেতু লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ইহারা H_2O_2 উৎপাদন করে। MnO_2, PbO_2, NO_2—ইহারা পারক্সাইড নহে, কারণ, ইহারা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত সক্রিয় হয় না, এবং ঘন অ্যাসিডের সহিত H_2O_2 উৎপাদন করে না, অক্সিজেন উৎপাদন করে মাত্র।

4·7. জল ও হাইড্রোজেন পারক্সাইডের ধর্মের তুলনা (Comparison of the properties of water and hydrogen Peroxide) :

জল ও হাইড্রোজেন পারক্সাইড উভয় যৌগই তরল ও দেখিতে স্বচ্ছ এবং উভয়েই হাইড্রোজেনের অক্সাইড। তবুও এই অক্সাইড দুইটির ধর্ম সম্পূর্ণরূপে আলাদা।

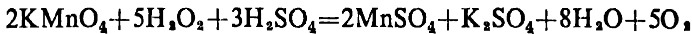
জল (হাইড্রোজেন মনক্সাইড)	হাইড্রোজেন পারক্সাইড
(i) বর্ণ, গন্ধ ও স্বাদ-হীন এবং স্বচ্ছ ও তরল।	(i) বর্ণহীন এবং স্বচ্ছ ও তরল। ধাতব কটুতা এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের ন্যায় গন্ধ বর্তমান।
(ii) হালকা তরল, ঘনত্ব 1. ইহার চামড়ায় কোন ক্ষত সৃষ্টি করে না।	(ii) সিরাপের মত ঘন তরল, ঘনত্ব 1·46; চামড়ায় ক্ষত সৃষ্টি করে।
(iii) বেশী উদ্বায়ী : স্ফুটনাংক 100°C	(iii) জলের চেয়ে অনেক কম উদ্বায়ী। স্ফুটনাংক 151°C।

জল (হাইড্রোজেন মনক্সাইড)	হাইড্রোজেন পারক্সাইড
(iv) নিরপেক্ষ ও নিষ্ক্রিয় অক্সাইড। লিটমাস কাগজের বর্ণ জলের সংস্পর্শে অপরিবর্তিত থাকে।	(iv) ইহা অ্যাসিড-ধর্মী। নীল-লিটমাস কাগজ ইহার সংস্পর্শে লাল হইয়া যায়।
(v) জলের কোন জারণ বা বিজারণ ক্ষমতা নাই।	(v) হাইড্রোজেন পারক্সাইডের প্রবল জারণ এবং বিজারণ ক্ষমতা আছে।
(vi) তাপের প্রভাবে জল স্টীম হয়।	(vi) তাপ ও চাপের প্রভাবে হাইড্রোজেন পারক্সাইড জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$
(vii) জলের সংকেত H_2O, বা $H-O-H$	(vii) হাইড্রোজেন পারক্সাইডের সংকেত $-H_2O_2$ বা, $H-O-O-H$

4·8. জল ও হাইড্রোজেনের পারক্সাইডের পার্থক্য ঃ

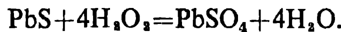
পরীক্ষা ঃ 1. অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে হাইড্রোজেন পারক্সাইড মিশাইয়া এই মিশ্রণে স্টার্চ দ্রবণ মিশাইলে আয়োডিন নির্গত হইয়া স্টার্চ দ্রবণকে নীলবর্ণে রূপান্তরিত করিবে। কারণ, হাইড্রোজেন পারক্সাইড জারণধর্মী। বিক্রিয়া ঃ $2KI + H_2O_2 = 2KOH + I_2$. জলের সংস্পর্শে এরূপ ঘটে না।

2. লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে হাইড্রোজেন পারক্সাইড মিশাইলে পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের বেগুনীবর্ণ বিজারণের ফলে বর্ণহীন হইবে। জলের সংস্পর্শে এরূপ ঘটে না। বিক্রিয়া ঃ



$$2KMnO_4 + 5H_2O_2 + 3H_2SO_4 = 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O + 5O_2$$

3. কালো লেড সালফাইডের উপরে হাইড্রোজেন পারক্সাইড ঢালিলে ইহা সাদা লেড সালফেটে পরিণত হইবে। জলের সংস্পর্শে এরূপ বিক্রিয়া ঘটে না। বিক্রিয়া ঃ



$$PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O.$$

4. হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণের মধ্য দিয়া H_2S গ্যাস চালাইলে অদ্রাব্য সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়। $H_2O_2 + H_2S = 2H_2O + S \downarrow$

4·9. ওজোন ঃ অক্সিজেনের রূপভেদ (Ozone)

1840 খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী শোন্‌বেন (Schonbein) বায়ুর মধ্যে নিঃশব্দ তড়িৎ-ক্ষরণ করিয়া বিশেষ গন্ধযুক্ত গ্যাস **ওজোন** আবিষ্কার করেন।

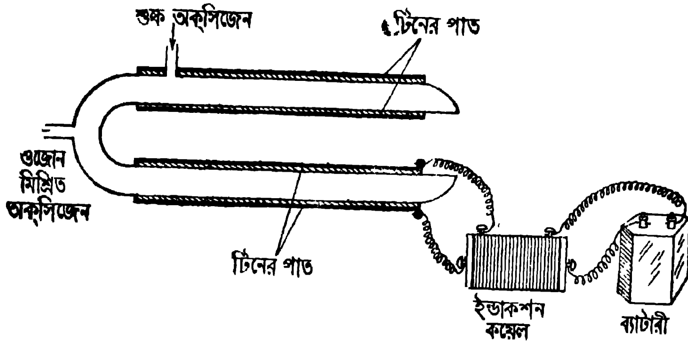
ওজোন (Ozone) মৌলিক পদার্থ অক্সিজেনের একটি **রূপভেদ** (Allotropic modification of Oxygen). [রূপভেদ সংজ্ঞা, 'কার্বন'—অধ্যায় দেখ], মৌল-অণুরূপে ওজোনের সংকেত—O_3 এবং আণবিক ওজন—48 ;

4·10. প্রস্তুত পদ্ধতির বিবরণ (Preparation Process) ঃ অক্সিজেনের সঙ্গে মিশ্রিত অবস্থায় ওজোন তৈরী করা হয় বিশুদ্ধ এবং শুষ্ক অক্সিজেন বা বায়ুর মধ্যে নিঃশব্দে তড়িৎ-ক্ষরণ (silent electric discharge) করিয়া। তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে ওজোন অক্সিজেনে

পরিণত হয় বলিয়া এমনভাবে তড়িৎক্ষরণ করা হয় যাহাতে তাপমাত্রা বৃদ্ধি বন্ধ করা যায়। ইহা একটি তাপ-গ্রাহক (endothermic) বিক্রিয়া : $3O_2 \rightleftharpoons 2O_3 - 68,000$ ক্যালরি।

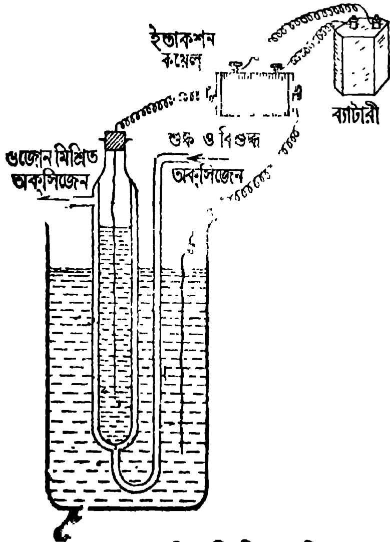
(i) **সিমেন ওজোনাইজার** (Siemen Ozoniser) :

সিমেন ওজোনাইজার সম-আক্ষিক (co-axial) দুইটি কাচের নলরূপে গঠিত। বাইরের



সিমেনের ওজোনাইজার

নলের **উপরের দিকে** টিনের পাত দ্বারা নলটি মোড়া থাকে। ভিতরের নলটি **ভিতরের দিকে** টিনের পাতদ্বারা আবরিত বা আচ্ছাদিত থাকে। ভিতরের ও বাইরের টিনের পাত দুইটি ইণ্ডাকশন কয়েলের (induction coil) মাধ্যমে ব্যাটারীর সঙ্গে যুক্ত করা হয়। নল দুইটির মাঝখানের অংশে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অক্সিজেন বা বায়ু চালান হয় এবং ব্যাটারী সক্রিয় করিয়া এই অক্সিজেন বা বায়ুর উপরে নিঃশব্দ তড়িৎ-ক্ষরণ করা হয়। অক্সিজেন ব্যবহৃত হইলে 6% এবং বায়ু ব্যবহৃত হইলে 1% ওজোন তৈরী হয়। অক্সিজেন বা বায়ু মিশ্রিত ওজোন তরল বায়ুর মধ্যে তরলীকৃত (liquified) করিয়া আংশিক পাতন পদ্ধতিতে (fractional distillation) অক্সিজেন নির্গত করিলে পাতন-পাত্রে অবশিষ্ট থাকে ওজোন।



ওজোন প্রস্তুতির দ্বিতীয় পদ্ধতি

(ii) **দ্বিতীয় পদ্ধতি** : দুই সম-আক্ষিক কাচের নলের মাঝখানে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অক্সিজেন প্রবাহিত করা হয়। ভিতরের নলের মধ্যে এবং বাইরের নলের বাহিরে লঘু-

সালফিউরিক অ্যাসিড রাখা হয়। ভিতরের নলের সালফিউরিক অ্যাসিড এবং বাইরের নলের চারপাশের সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে দুইটি তামার তার ঝুলান থাকে। এই তার দুইটি ইণ্ডাক্শন কয়েলের (induction coil) মাধ্যমে ব্যাটারীর সঙ্গে সংযুক্ত করা হয়। উভয় নলের মাঝখানে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অক্সিজেন প্রবাহিত করিয়া তাহার উপরে নিঃশব্দ তড়িৎক্ষরণ (silent eletric discharge) করিলে অক্সিজেন আংশিকভাবে ওজোনে রূপান্তরিত হয়। প্রথম পদ্ধতি অনুযায়ী তরলীকৃত বায়ুর মধ্যে আংশিক পাতন পদ্ধতি দ্বারা এই মিশ্রণ (অক্সিজেন ও ওজোন) হইতে ওজোন পৃথক্ করা হয়।

4·11. ওজোনের ধর্ম (Properties): (a) **ভৌতধর্ম**—ওজোন নিজস্ব বিশেষ গন্ধযুক্ত একটি নীলাভ গ্যাস। তরল ওজোন (স্ফুটনাংক—112°C) দেখিতে ঘন নীল। তাপের প্রভাবে অতি সহজে বিয়োজিত হয় বলিয়া ইহা একটি অতি বিস্ফোরক পদার্থ। কালো প্ল্যাটিনাম, রূপা, লোহা, তামা, ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড অনুঘটকের ভূমিকায় ওজোনকে দ্রুত অক্সিজেনে পরিণত করে।

(b) **রাসায়নিক ধর্ম**ঃ (i) ওজোন তাপের প্রভাবে সহজেই অক্সিজেনে পরিণত হয়। যথাঃ $2O_3 \rightarrow 2O_2 + 2O \rightarrow 3O_2$ (ii) ওজোন জারণ ও বিজারণ উভয় প্রকার বিক্রিয়াই ঘটায়।

(ক) **জারণ ক্রিয়া**ঃ ওজোন বিয়োজিত হইয়া পারমাণবিক অক্সিজেন উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াঃ $O_3 \rightarrow O_2 + O$; এই পারমাণবিক অক্সিজেন প্রবল ভাবে জারণ ক্রিয়া সম্পন্ন করে। ইহা ধাতব সালফাইড যৌগকে সালফেট যৌগে জারিত করে। বিক্রিয়াঃ $PbS + 4O_3 = PbSO_4 + 4O_2 \uparrow$; ওজোন পটাসিয়াম আয়োডাইডের (KI) প্রশমিত দ্রবণ হইলেও আয়োডিন নির্মুক্ত করে। বিক্রিয়াঃ $2KI + H_2O + O_3 = 2KOH + I_2 + O_2$; ওজোনের সংস্পর্শে পারদ নিজের ঔজ্জ্বল্য ও সচলতা হারায় এবং এরূপ ওজোনাইজ্ড পারদ কাচের দেওয়ালে লাগিয়া থাকে। রূপা বা সিলভার ওজোনের ক্রিয়ায় সিলভার পারক্সাইড (Ag_2O_2) গঠন করে। বিক্রিয়াঃ $2Ag + 2O_3 = Ag_2O_2 + 2O_2$;

(খ) **বিজারণ ক্রিয়া**ঃ হাইড্রোজেন পারক্সাইড ও বেরিয়াম পারক্সাইডকে ওজোন বিজারিত করে। বিক্রিয়াঃ $BaO_2 + O_3 = BaO + 2O_2$; $H_2O_2 + O_3 = H_2O + 2O_2$; এরূপ বিক্রিয়ায় ওজোন হইতে বিয়োজিত অক্সিজেন পরমাণু বিক্রিয়া ঘটায়। কিন্তু, কোন কোন বিক্রিয়ায় ওজোন (O_3) সমগ্রভাবে বিজারণ বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। বিক্রিয়াঃ $3SO_2 + O_3 = 3SO_3$;

(iii) **জৈব যৌগের সঙ্গে ওজোনাইড** (Ozonide) **গঠন**ঃ ইথিলিন, তারপিন তেল ইত্যাদি অসম্পৃক্ত (Unsaturated) জৈব যৌগের সঙ্গে ওজোন বিক্রিয়া ঘটাইয়া জৈব যৌগের ওজোনাইড যৌগ গঠন করে।

বিক্রিয়াঃ $C_2H_4 + O_3 \rightarrow (C_2H_4)O_3$ [ইথিলিন ওজোনাইড]

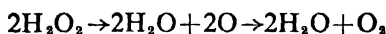
4·12. সনাক্তকরণ (Test) ঃ ওজোনের বিশিষ্ট গন্ধ বর্তমান। বেঞ্জিনে সিক্ত সাদা কাগজকে ওজোন বাদামী বর্ণে রূপান্তরিত করে।

4·13. ব্যবহার (Uses) ঃ ইহা জল ও বায়ু বীজানুমুক্ত করে, বিশেষ করিয়া ভূগর্ভ রেল, চিড়িয়াখানা ইত্যাদি দুর্গন্ধমুক্ত রাখার জন্য ব্যবহার করা হয়। তেল, মোম, স্টার্চ, ময়দা ইত্যাদি বিরঞ্জন (bleaching) করার জন্যও ওজোন ব্যবহৃত হয়।

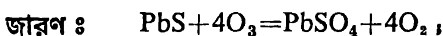
4·14. ওজোন ও হাইড্রোজেন পারক্সাইডের তুলনা ঃ

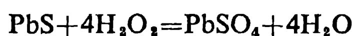
(i) ওজোন (O_3) অক্সিজেনের (O_2) একটি আণবিক রূপভেদ কিন্তু হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2) হাইড্রোজেনর একটি উচ্চতর অক্সাইড।

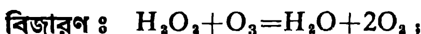
(ii) উভয়েই অস্থায়ী এবং তাপমাত্রার প্রভাবে বিয়োজিত হইয়া প্রথমে পারমাণবিক অক্সিজেন গঠন করে। $2O_3 \rightarrow 2O_2 + 2O \rightarrow 3O_2$;

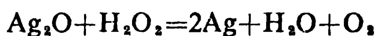

$2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + 2O \rightarrow 2H_2O + O_2$

(iii) উভয়েই জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া সম্পন্ন করিতে পারে।


জারণ ঃ $PbS + 4O_3 = PbSO_4 + 4O_2$;

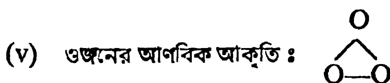

$PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O$


বিজারণ ঃ $H_2O_2 + O_3 = H_2O + 2O_2$;


$Ag_2O + H_2O_2 = 2Ag + H_2O + O_2$

(iv) উভয়ই বিস্ফোরক পদার্থ এবং বিরঞ্জন ক্রিয়ার জন্য ব্যবহৃত হয়।

(v) ওজনের আণবিক আকৃতি ঃ



প্রশ্ন

1. হাইড্রোজেন পারক্সাইড কি প্রকারে প্রস্তুত করা হয়? ইহার প্রধান প্রধান ধর্ম এবং ব্যবহার বর্ণনা কর। লঘু হাইড্রোজেন পারক্সাইডের দ্রবণ ওয়াটার বাথের উপর ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে কি ঘটিবে?

2. BaO_2-কে বেরিয়াম পারক্সাইড বলা হয়, কিন্তু MnO_2-কে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড বলা হয়, ম্যাঙ্গানিজ পারক্সাইড বলা হয় না—ইহার হেতু কি? রসায়নাগারে কি প্রকারে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের লঘু জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতি করা হয় উহা বর্ণনা কর। দেখাও যে (a) হাইড্রোজেন পারক্সাইড একটি জারক পদার্থ (সমীকরণ লিখ) (b) হাইড্রোজেন পারক্সাইড ভাঙ্গিয়া অক্সিজেনে পরিণত হয়।

3. কিরূপে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের লঘু, কিন্তু বিশুদ্ধ দ্রবণ তৈরী করিবে? এই দ্রবণের সহিত জলের পার্থক্য সমীকরণসহ চারিটি পরীক্ষা দ্বারা বিশেষ ভাবে বুঝাইয়া দাও।

4. কি প্রকারে খুব ঘন হাইড্রোজেন পারক্সাইড তৈরী করিবে? (a) ইহার (i) জারণ

(ii) বিজারণ ক্ষমতার দুইটি করিয়া উদাহরণ দাও এবং (b) ইহার (i) পারক্সাইডীয় ধর্ম ও (ii) বিজারণ ক্রিয়ার একটি করিয়া উদাহরণ দাও।

5. কি ঘটিবে লিখ ঃ

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের সহিত—(i) সিলভার অক্সাইড নাড়িলে, (ii) প্লাটিনাম নাড়িলে, (iii) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড নাড়িলে, (iv) লেড সালফাইড মিশাইলে, (v) সোডিয়াম কার্বনেট মিশাইলে, (vi) অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ মিশাইলে, (vii) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন ক্রিয়ান্বিত হইলে, এবং (viii) ফেরাস সালফেট ক্রিয়ান্বিত হইলে?

6. ওজোন কি ভাবে তৈরী করা যায়? একটি পদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর। ইহাকে অক্সিজেনের রূপভেদ বলা হয় কেন?

7. ওজোনের ধর্ম বর্ণনা কর। ওজোন ও হাইড্রোজেন পারক্সাইডের বিক্রিয়া লিখ।

8. ওজোন ও অক্সিজেনের ধর্মের তুলনা কর। ইহাদের ব্যবহার কিভাবে করা হয়?

5

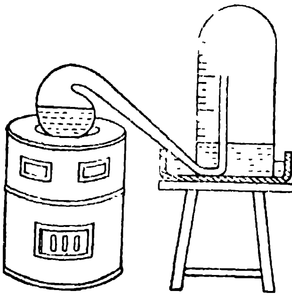
বায়ু ও নাইট্রোজেন
(Air and Nitrogen)

5·1. বায়ু ঃ বায়ুর উপাদান ঃ ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষা (Composition of air : Lavoisiers experiment) ঃ ল্যাভয়সিয়ার যে পরীক্ষা দ্বারা বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অস্তিত্ব ও আয়তন প্রমাণ করেন তাহা এইরূপ ঃ

প্রথম পর্যায়ে পরীক্ষা ঃ ল্যাভয়সিয়ার একটি বকযন্ত্র ব্যবহার করেন। এরূপ বকযন্ত্রের মুখটি লম্বা ও উর্ধ্বমুখী। বকযন্ত্রটির মধ্যে তিনি 4 আউন্স পারদ বা মার্কারী ভরেন এবং উহাকে একটি উনানের উপর বসাইয়া দেন। বকযন্ত্রের প্রলম্বিত মুখটি রাখেন একটি পারদ-ভরা বড় বাটির উপরে। একটি **বেলজার** (bell jar) [অর্থাৎ কাচের তৈরী একমুখ বন্ধ একটি বড় চোঙ] দিয়া বকযন্ত্রের উর্ধ্বমুখী মুখটি ঢাকিয়া দেন (নীচের চিত্র লক্ষ্য কর)। পরীক্ষাযন্ত্র এইভাবে সাজাইয়া একটানা 12 দিন তিনি বকযন্ত্রের পারদ উত্তপ্ত করেন। বকযন্ত্রটি ঠাণ্ডা করার পরে দেখা যায় ঃ

(i) রূপালী বর্ণের তরল পারদের উপরে একটি কঠিন লাল রঙের সর পড়িয়াছে।

(ii) বেলজারের বায়ু 8 ঘন ইঞ্চি কমিয়া গিয়াছে এবং 8 ঘন ইঞ্চি পারদ বাটি হইতে বেলজারে সেই শূন্যস্থানে প্রবেশ করিয়াছে।


ল্যাভয়সিয়ারের প্রথম পরীক্ষার চিত্র

(iii) বেলজারে যে আয়তনের বায়ু ছিল, এই 8 ঘন ইঞ্চি আয়তনে বায়ু তাহার পাঁচ ভাগ আয়তনের এক ভাগের সমান।

(iv) তিনি বেলজারের অবশিষ্ট চার ভাগ বায়ুর মধ্যে,

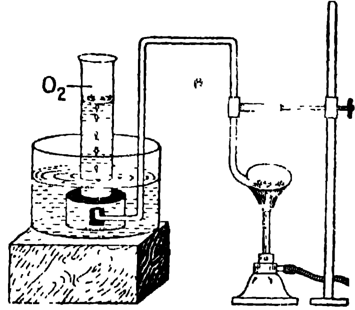
(ক) একটি প্রদীপ শিখা ধরিলেন—প্রদীপটি তৎক্ষণাৎ নিভিয়া গেল; এবং পরে (খ) একটি ইঁদুর রাখিলেন—ইঁদুরটি শ্বাস বন্ধ হইয়া মরিয়া গেল।

এই পরীক্ষা হইতে ল্যাভয়সিয়ার সিদ্ধান্ত করিলেন যে, বেলজারের অবশিষ্ট বায়ুতে আগুন জ্বলে না, শ্বাসও নেওয়া যায় না। তিনি এই বায়ুর নাম দিলেন নিষ্প্রাণ বায়ু বা 'অ্যাজোট'। পরে এই 'অ্যাজোটের' নাম দেওয়া হয় **নাইট্রোজেন**।

তিনি এই পরীক্ষা হইতে আরও সিদ্ধান্ত করেন যে, **বায়ুর পাঁচ ভাগ আয়তনের মধ্যে চার ভাগ থাকে নাইট্রোজেন।**

দ্বিতীয় পর্যায়ে পরীক্ষা ঃ প্রথম পরীক্ষা পারদের যে লাল সর তৈরী হয় তাহা একটি কাচের বাল্বে ভরেন এবং বাল্বের সঙ্গে একটি লম্বা নির্গম-নল লাগাইয়া দেন (চিত্র দেখ)।

নির্গম-নলের মুখটি রাখেন একটি পারদ-ভরা বাটিতে। একটি পারদ-ভরা গ্যাসজার উপুড় করিয়া নির্গম-নলের মুখে বসাইয়া দেন। এইভাবে পরীক্ষা যন্ত্র সাজাইয়া বাল্বে-ভরা পারদের লাল সর উত্তপ্ত করিলে সরের ভিতর হইতে একটি বর্ণহীন গ্যাস বাহির হইয়া জারে জমা হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত একবিন্দু গ্যাসও নির্গত করা সম্ভব হয় ততক্ষণ পর্যন্ত তিনি পারদের সরভরা বাল্বটি উত্তপ্ত করেন। উত্তাপের ফলে লাল সর পুনরায় পারদে পরিণত হয়। এই পরীক্ষায় তিনি লক্ষ্য করেন ঃ



ল্যাভয়সিয়ারের দ্বিতীয় পরীক্ষার চিত্র

(i) যে 4 আউন্স পারদ লইয়া প্রথমে পরীক্ষা সুরু করা হইয়াছিল ঠিক সেই চার আউন্স পারদ আবার পারদের লাল সর উত্তাপের ফলে ফেরৎ পাওয়া যায়।

(ii) উত্তাপের ফলে পারদের লাল সর হইতে যে গ্যাস পাওয়া যায় আয়তনে তাহা 8 ঘন ইঞ্চি অর্থাৎ, প্রথম পরীক্ষায় বেলজারের যে 8 ঘন ইঞ্চি বায়ু পারদ শুষিয়া নিয়াছিল ঠিক সেই পরিমাণে বায়ুই আবার ফেরৎ পাওয়া যায়।

(iii) দেখা যায়, এই গ্যাসের মধ্যে প্রদীপ-শিখা অত্যন্ত উজ্জ্বল প্রভায় জ্বলিয়া উঠে এবং এই গ্যাসে অনায়াসে শ্বাস নেওয়া যায়।

ল্যাভয়সিয়ার পারদের লাল সর হইতে প্রাপ্ত গ্যাসটির নাম দেন **অক্সিজেন** এবং এই গ্যাস বেলজারের বাকী 32 ঘন ইঞ্চি গ্যাসের সঙ্গে মিশাইবার পর দেখেন যে ঠিক স্বাভাবিক বায়ু আবার তৈরী হইয়াছে—যাহার মধ্যে সাধারণ ভাবে আগুন জ্বলে এবং শ্বাস নেওয়া যায়।

এই পরীক্ষা হইতে বায়ুর গঠন বিশ্লেষণ করিয়া ল্যাভয়সিয়ার সিদ্ধান্ত করেন ঃ

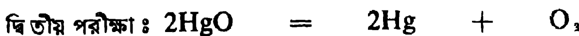
(1) **বায়ু মূলত অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন গ্যাস দ্বারা গঠিত** এবং

(2) **বায়ুর মধ্যে আছে এক ভাগ আয়তনে অক্সিজেন** এবং **চার ভাগ আয়তনে নাইট্রোজেন।**

তিনি আরও প্রমাণ করেন যে, অক্সিজেন খুব সক্রিয় এবং এই অক্সিজেনের জন্য বায়ুতে শ্বাস নেওয়া যায় ও আগুন জ্বালানো সম্ভব হয়। কিন্তু নাইট্রোজেন গ্যাস নিষ্ক্রিয়—নাইট্রোজেনে আগুন জ্বলে না, শ্বাস নেওয়াও যায় না।

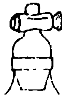
ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষার বিক্রিয়া ঃ


প্রথম পরীক্ষা ঃ $2Hg + O_2 = 2HgO$


দ্বিতীয় পরীক্ষা ঃ $2HgO = 2Hg + O_2$

বায়ুর আয়তনিক গঠন (Volumetric composition of air) :

বেলজারের পরীক্ষা (Bell-jar experiment) : একটি জল-ভরা বেসিন লও এবং ছোট একটি পোরসেলিনের বাটিতে ছোট এক টুকরা ফসফরাস রাখিয়া বাটিটি জলে ভাসাইয়া দাও। উপরের মুখে ছিপি-আঁটা একটি বেলজার দিয়া ফসফরাসের বাটিটি ঢাকিয়া দাও। বেলজারের ভিতরের ও বাইরের জলের সমতল রেখার সমান করিয়া বেলজারের গায়ে রঙিন পেন্‌সিল দিয়া একটি দাগ দাও। বেলজারের জলের উপরের যে অংশটি বায়ুতে ভরা রহিল সেই অংশ আয়তন হিসাবে পাঁচটি দাগ দিয়া সমান ভাবে পাঁচ ভাগে ভাগ কর। একটি কাঁচের শলা বুনসেন দীপে উত্তপ্ত কর এবং বেলজারের ছিপি খুলিয়া উত্তপ্ত শলাকাটি ফসফরাসের গায়ে লাগাইয়া দাও। ফসফরাস অমনি জ্বলিতে আরম্ভ করিবে। তাড়াতাড়ি বোতলের মুখে ছিপিটি বায়ু-নিরন্ধ্র করিয়া আঁটিয়া দাও। ফসফরাস কিছুক্ষণ জ্বলিয়া নিভিয়া যাইবে এবং বেলজারটি সাদা ধোঁয়ায় ভরিয়া উঠিবে। ফসফরাস বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে সংযুক্ত হইয়া ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) নামের এই সাদা ধোঁয়া তৈরী করে। বেলজারটি কিছুক্ষণ রাখিয়া দাও। বেলজার ঠাণ্ডা হইলে দেখিবে **বেলজারের পাঁচ ভাগের এক ভাগ স্থান জলে ভরিয়া গিয়াছে।** বেলজারের এই অবশিষ্ট বায়ুর মধ্যে ছিপি খুলিয়া তাড়াতাড়ি একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি ঢুকাও। পাটকাঠি সঙ্গে সঙ্গেই নিভিয়া যাইবে। কারণ, বেলজারে আবদ্ধ বায়ুর মধ্যে ফসফরাস পুড়িবার ফলে ফসফরাস বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) গঠন করে। বিক্রিয়া :





বায়ুর গঠন বেলজারের পরীক্ষা

$$4P \quad + \quad 5O_2 \quad + \quad [N_2] \quad = 2P_2O_5\,[N_2]$$

বেলজারের মধ্যে যে গ্যাস বাকী থাকে তাহা নাইট্রোজেন : [ফসফরাস বেলজারের ভিতরকার বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে মিলিয়া যে-গ্যাস তৈরী করে তাহা ধীরে ধীরে জলে দ্রবীভূত হইয়া যাইবে।]

এই পরীক্ষা হইতেও সুস্পষ্ট প্রমাণিত হয় যে :

বায়ু আয়তন হিসাবে মোটামুটি চার ভাগ নাইট্রোজেন ও এক ভাগ অক্সিজেন গ্যাস সংযোগে তৈরী। অর্থাৎ, আয়তন হিসাবে এক ভাগ আয়তন অক্সিজেন এবং চারভাগ আয়তন নাইট্রোজেন সংযোগে বায়ু গঠিত হয়।

ফসফরাসের বদলে বেলজারের মধ্যে ম্যাগনেসিয়ামের ফিতা, টিন বা লোহা পোড়াইলেও উপরের পরীক্ষায় একই রকম বিক্রিয়া ঘটিবে।

বায়ুর উপাদন ও আয়তনিক অনুপাত (Ingredients and volumetric composition of air) :

বিশেষ পরীক্ষা করিয়া দেখা যায় যে, আয়তন হিসাবে বায়ু নিম্নলিখিত উপাদান দ্বারা গঠিত :

উপাদান	শতাংশ
অক্সিজেন	20·60 আয়তন
নাইট্রোজেন	77·16 „
জলীয় বাষ্প	1·40 „
কার্বন ডাই-অক্সাইড	0·04 „
হিলিয়াম, আর্গন, নিয়ন প্রভৃতি গ্যাস	0·80 „
	100·00 „

মোটামুটিভাবে বলা যায় যে বায়ু **আয়তন হিসাবে** 21 শতাংশ অক্সিজেন এবং 79 শতাংশ নাইট্রোজেন এবং **ওজন হিসাবে** 23 শতাংশ অক্সিজেন এবং 77 শতাংশ নাইট্রোজেন দ্বারা গঠিত।

বায়ুর বিভিন্ন উপাদানের প্রয়োজনীয়তা (Function of important constituents of air) : (i) **অক্সিজেন** আছে বলিয়া প্রাণিকুলের পক্ষে বায়ুতে শ্বাস-প্রশ্বাস লইয়া প্রাণধারণ করা এবং পৃথিবীতে আগুন জ্বালানো সম্ভব হয়।

(ii) **নাইট্রোজেন** থাকার ফলে বায়ুর অক্সিজেনে ধীরে ধীরে শ্বাস নেওয়া যায় এবং আগুনও ধীরে ধীরে জ্বালানো যায়। নাইট্রোজেন না থাকিলে সব সময়েই ঘন অক্সিজেন পূর্ণ বায়ুতে অত্যন্ত তাড়াতাড়ি শ্বাস নিতে হইত এবং আগুনও দ্রুতবেগে দাউ দাউ করিয়া জ্বলিয়া উঠিত। বায়ুর নাইট্রোজেনের সাহায্যে যে সার উৎপন্ন হয় তাহা উদ্ভিদের পক্ষে গ্রহণ করা একান্ত প্রয়োজন।

(iii) **কার্বন ডাই-অক্সাইড** উদ্ভিদের খাদ্যের প্রধান উপাদান। উদ্ভিদ কার্বন-অক্সাইড গ্যাস হইতে সর্যালোকের সাহায্যে কার্বন খাদ্য হিসাবে গ্রহণ করে।

(iv) বায়ুর **জলীয় বাষ্পই** বৃষ্টি, তুষার, হিম, শিশির ইত্যাদির কারণ। শস্যসম্পদের প্রাণও তাই মূলত বায়ুর জলীয় বাষ্প।

বায়ু যৌগিক পদার্থ নয়—একটি মিশ্র পদার্থ (Air is a mechanical mixture and not a chemical compound) : বায়ুর প্রধান উপাদান যে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন ল্যাভয়সিয়ার ইহা আবিষ্কার করেন বটে কিন্তু বায়ু যৌগিক পদার্থ (compound) না মিশ্র পদার্থ (mixture) সে-কথা তিনি বলিতে পারেন নাই। বায়ু যে যৌগিক পদার্থ নয়,—ইহা যে একটি মিশ্র পদার্থ এখন সহজেই তাহা প্রমাণ করা যায়। যথা :

1. **অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণে বায়ু গঠন** : যে-কোন যৌগ উৎপাদন করিবার সময় তাপের উদ্ভব বা অভাব ঘটে ; কিন্তু 4 ভাগ আয়তনের নাইট্রোজেনের সঙ্গে 1 ভাগ আয়তন অক্সিজেন মিশাইয়া দিলেই বায়ু তৈরী হয়। এরূপ মিশ্রণের সময় তাপের কোন উদ্ভব বা অভাব ঘটে না। কারণ বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ।

2. **বায়ুর উপাদানের অনুপাতে তারতম্য** ঃ কোন যৌগিক পদার্থের মধ্যে উপাদানের অনুপাত কোন মতেই কম-বেশী হওয়া সম্ভব নয়। সাধারণত বায়ুতে 1 ভাগ অক্সিজেন ও 4 ভাগ নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। কিন্তু পৃথিবীর ভিন্ন ভিন্ন দেশের এবং বিভিন্ন স্থানের বায়ু পরীক্ষা করিয়া দেখা যায় যে, এই অনুপাত কিছুটা কম বা বেশী হয়। বায়ু মিশ্র পদার্থ বলিয়াই এরূপ তারতম্য ঘটা সম্ভব। কিন্তু পৃথিবীর যে-স্থান হইতেই জল আনা হউক না কেন, যৌগিক পদার্থ জলে সব সময় হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজন অনুযায়ী অনুপাত হইবে 1 ঃ 8, ইহার কোন পার্থক্য হইবে না। আবদ্ধ ঘরের বায়ুতে বা শিল্পাঞ্চলের বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ বেশী পাওয়া যায়।

3. **তরল বায়ুর বাষ্পায়ন** ঃ বায়ুকে ঠাণ্ডা করিয়া তরলে পরিণত করা যায়। এই তরল বায়ুকে পুনরায় বাষ্পে পরিণত করার সময় বায়ুর নাইট্রোজেন অক্সিজেনের আগে বাষ্পায়িত হয়। কিন্তু বায়ু একটি যৌগিক পদার্থ হইলে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন একই সঙ্গে এবং সম-ভাবে বাষ্পে পরিণত হইত। যৌগিক পদার্থ জল বাষ্পীভূত হওয়ার সময় কখনও জলের অন্যতম উপাদানরূপে হালকা পদার্থ হাইড্রোজেন অপেক্ষাকৃত ভারী মৌল অক্সিজেনের আগে বাষ্পে পরিণত হয় না। বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ বলিয়াই তরল বায়ুর নাইট্রোজেন আগে বাষ্পায়িত হয়।

4. **জলে বায়ুর দ্রবণীয়তা** ঃ জলের মধ্যে নাইট্রোজেনের চেয়ে অক্সিজেন বেশি পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। তাই, বায়ুর জলীয় দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে যে বায়ু পাওয়া যায় তাহার মধ্যে নাইট্রোজেনের চেয়ে অক্সিজেনের পরিমাণ বেশী। বায়ু যৌগিক পদার্থ হইলে জলীয় দ্রবণ হইতে নির্গত বায়ুতেও অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অনুপাত সব অবস্থাতেই হইত 1 ঃ 4, কিন্তু বায়ু মিশ্র পদার্থ বলিয়া জলে নাইট্রোজেনের চেয়ে অক্সিজেন বেশী পরিমাণে দ্রবীভূত হয়।

5. **বায়ুর ব্যাপন** (diffusion) ঃ সচ্ছিদ্র (porous) পোর্সেলিন ফিল্টারের মাধ্যমে বায়ু ব্যাপিত করিলে বা ছড়াইয়া দিলে হালকা নাইট্রোজেন আগে বাহির হইয়া যায় এবং ভৌতিক পদ্ধতিতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন আংশিকভাবে পৃথক করা যায়। বায়ু যৌগিক পদার্থ হইলে তাহা সম্ভব হইত না।

6. **বায়ুর ঘনত্ব** ঃ হাইড্রোজেনের চেয়ে অক্সিজেন 16 গুণ ভারী এবং নাইট্রোজেন 14 গুণ ভারী। বায়ুতে আছে 1-আয়তন অক্সিজেন ও 4-আয়তন নাইট্রোজেন। তাই, বায়ু যদি মিশ্র পদার্থ হয় তাহা হইলে বায়ুর ঘনত্ব হইবে $=\frac{16+4\times14}{5}=14{\cdot}4$, বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় যে ইহাই বায়ুর ঘনত্ব। বায়ু যৌগিক পদার্থ হইলে ইহার আণবিক সংকেত $N_{15}O_4$ বা ইহার গুণিতক হইত এবং বায়ুর ঘনত্ব হইত 137, তাই নিঃসন্দেহে বলা হয় যে বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ।

7. **বায়ুর তৌলিক অনুপাত** ঃ বায়ু যৌগিক পদার্থ হইলে ইহাতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের মধ্যে তৌলিক (ওজনগত) অনুপাত সরল (simple proportion) হইত, কিন্তু বায়ুতে তাহা দেখা যায় না। কারণ, বায়ু মিশ্র পদার্থ, যৌগ নয়।

5·3. নাইট্রোজেন (Nitrogen) :

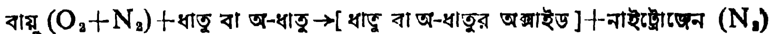
পরিচয় : বায়ুর মধ্যে সবচেয়ে বেশী পরিমাণে যে গ্যাসটি পাওয়া যায় তাহার নাম নাইট্রোজেন। নাইট্রোজেন একটি মৌলিক পদার্থ। শীলি প্রথম এই গ্যাসটির আবিষ্কার করেন এবং ইহার নাম দেন 'অপ-বায়ু'। কিন্তু নাইট্রোজেন যে একটি মৌলিক পদার্থ 1775 খ্রীষ্টাব্দে একথা প্রথমে সুস্পষ্টভাবে প্রমাণ করেন বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার। ল্যাভয়সিয়ার এই গ্যাসটির নাম দেন 'অ্যাজোট' বা নিষ্প্রাণ বায়ু। 1790 খ্রীষ্টাব্দে চ্যাপটাল (Chaptal) নামে এক ফরাসী বিজ্ঞানী নাইটার বা সোরা হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করিয়া 'অ্যাজোট' শব্দটির বদলে সর্বপ্রথম নাইট্রোজেন কথাটি ব্যবহার করেন।

নাইট্রোজেনের প্রতীক-চিহ্ন—N ; অণুর সংকেত—N_2 ; প্রধান যোজ্যতা—3 ;কিন্তু ইহার বিভিন্ন যোজ্যতা—1,2,3,4,5 হইতে পারে। পারমাণবিক ওজন—14 ; আণবিক ওজন—28.

প্রাপ্তি (Occurrence) : মুক্ত নাইট্রোজেনের প্রধান ভাণ্ডার বায়ু। বায়ুর পাঁচ ভাগের চার ভাগই নাইট্রোজেন। কয়লার খনি বা আগ্নেয়গিরির গ্যাসের মধ্যেও কিছু পরিমাণ মুক্ত নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। পটাসিয়াম, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন এবং কার্বনের সঙ্গে মিলিত অবস্থায়, সোরা বা নাইটার, অ্যামোনিয়া ও জৈব পদার্থ প্রোটিন এবং অন্যান্য জৈব ও অজৈব পদার্থের মধ্যে নাইট্রোজেন পাওয়া যায়।

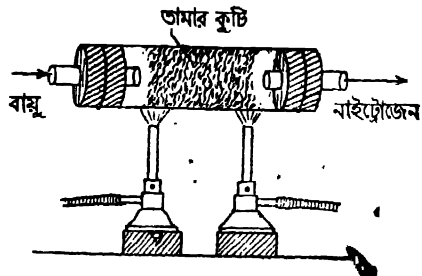
নাইট্রোজেন প্রস্তুতি (Preparation of nitrogen) :

1. **বায়ু হইতে (From air) :** বায়ু মূলত অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের মিশ্র পদার্থ। বায়ু হইতে অক্সিজেন অপসারিত করা সম্ভব হইলে অবশিষ্ট থাকে নাইট্রোজেন। একটি আবদ্ধ পাত্রে পারদ, টিন, ফসফরাস, ইত্যাদি ধাতু বা অ-ধাতু পোড়াইলে বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে এই সব পদার্থের সংযোগের ফলে কঠিন পদার্থরূপে অক্সাইড গঠিত হয় এবং পাত্রে অবশিষ্ট থাকে নাইট্রোজেন গ্যাস।


বায়ু (O_2+N_2) + ধাতু বা অ-ধাতু → [ধাতু বা অ-ধাতুর অক্সাইড] + নাইট্রোজেন (N_2)

প্রস্তুতি : (i) বায়ুর আয়তনিক গঠনের "বেলজারের পরীক্ষা" দ্রষ্টব্য।

(ii) তামা বা কপারের সাহায্যে বায়ু হইতে অন্যভাবেও নাইট্রোজেন সংগ্রহ করা যায়। কোন আবদ্ধ পাত্রের বায়ুর মধ্যে তামার কুচি কড়া তাপে উত্তপ্ত করিলে তামার সঙ্গে বায়ুর অক্সিজেনের সংযোগ ঘটে এবং তামার অক্সাইড তৈরী হয় ও অবশিষ্ট থাকে নাইট্রোজেন।



তামার সাহায্যে নাইট্রোজেন উৎপাদন

একটি তামার (Cu)-কুচিপূর্ণ লম্বা শক্ত কাচের দহন-নলকে (combustion tube) উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিয়া নলের ভিতর দিয়া এক প্রান্ত

হইতে বায়ু প্রবাহিত করিলেই সেই বায়ুর সঙ্গে উত্তপ্ত তামা বা কপারের বিক্রিয়া ঘটে এবং বায়ুর অক্সিজেন ও কপার যুক্ত হইয়া কঠিন ও কালো কপার অক্সাইড (CuO) গঠন করে। যে-গ্যাস বিক্রিয়ার নলের অপর প্রান্ত হইতে বাহির হইয়া আসে তাহা প্রধানতঃ নাইট্রোজেন। বিক্রিয়া ঃ $2Cu+(O_2+N_2)=2CuO+N_2$

এই পদ্ধতিতে যে নাইট্রোজেন গ্যাস পাওয়া যায় তাহাতে বায়ুর অন্তর্গত আর্গন প্রভৃতি কয়েকটি গ্যাস থাকে। ইহার ফলে নাইট্রোজেন অপেক্ষা ভারী গ্যাস থাকার জন্য ঐ গ্যাস নাইট্রোজেন অপেক্ষা ভারী হয়।

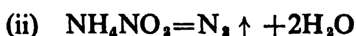
2. **বায়ু তরলীত করিয়া** (Technically by liquefaction of air) ঃ বেশীমাত্রায় প্রস্তুত করিতে হইলে বায়ুকে তরল করিয়া সেই তরল আংশিকভাবে পাতন করিলে উহা হইতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন পৃথকভাবে পাওয়া যায়। সাধারণ বায়ু হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প সরাইয়া লইয়া সেই শুষ্ক গ্যাস ইঞ্জিনের সাহায্যে খুব উচ্চ চাপে আনিয়া সরু ছিদ্রপথে প্রসারিত হইতে দিলে উহার উষ্ণতা কমে। এইরূপে পুনঃ পুনঃ চাপ ও প্রসারণ চালাইলে তরল বায়ু পাওয়া যায়। অতঃপর ঐ তরল বায়ুকে উঁচু রেকটিফায়ারে গ্যাসীভূত হইতে দিলে রেকটিফায়ারের মাথায় বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন ও তলদেশে প্রায় বিশুদ্ধ তরল অক্সিজেন পাওয়া যায়। নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের স্ফুটনাংক যথাক্রমে 195°C ও 183°C।

3. **রসায়নাগার পদ্ধতি** (Laboratory process) ঃ বায়ু হইতে যে নাইট্রোজেন সংগ্রহ করা যায় তাহার মধ্যে জলীয় বাষ্প, কার্বন ডাই-অক্সাইড, আর্গন ও হিলিয়াম জাতীয় নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি থাকিয়া যায়। তাই বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন তৈরী করা হয় প্রধানত অ্যামোনিয়ার যৌগিক পদার্থ **অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট** (NH_4NO_2) হইতে।

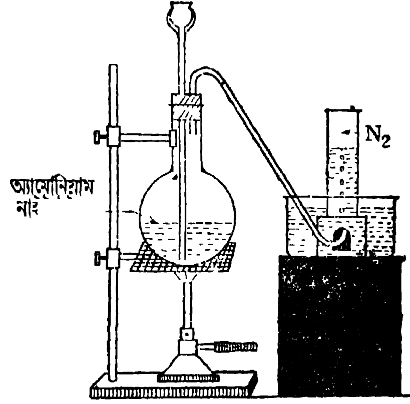
রাসায়নিক বিক্রিয়া (Chemical reactions) ঃ অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট—নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি যৌগিক পদার্থ। ইহা অ্যামোনিয়াম (NH_4) যৌগমূলক ও নাইট্রাইট মূলকের (NO_2) সংযোগে গঠিত। অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট উত্তপ্ত করিলে ইহা ভাঙিয়া যায় এবং তৈরী হয় নাইট্রোজেন ও জল। NH_4NO_2 (অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট) $= N_2\uparrow + 2H_2O$

শুধু অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট ব্যবহার করিলে বিক্রিয়াটির দ্রুতগতির জন্য বিস্ফোরণ ঘটিতে পারে। তাই শুধু অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট ব্যবহার না করিয়া ঘন দ্রবণাকারের অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (নিশাদল—NH_4Cl) ও সোডিয়াম নাইট্রাইট ($NaNO_2$) মিশ্রিত করিয়া ব্যবহার করা হয়। এই যৌগ দুইটির পারস্পরিক বিক্রিয়ায় প্রথম পর্যায়ে অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট তৈরী হয় এবং সেই অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট দ্বিতীয় পর্যায়ে নাইট্রোজেন ও জলে পরিণত হয়। বিক্রিয়াটি দুই পর্যায়ে ঘটে ঃ


(i) $NH_4Cl+NaNO_2=NH_4NO_2+NaCl$


(ii) $NH_4NO_2=N_2\uparrow+2H_2O$

প্রস্তুতি ঃ একটি গোলাকার-তল ফ্লাস্কে সম-পরিমাণ ওজনে **অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রাইট** লবণের ঘন দ্রবণ লওয়া হয়। দুইটি ছিদ্র বিশিষ্ট একটি কর্ক দিয়া ফ্লাস্কের মুখটি বন্ধ থাকে। ফ্লাস্কটি একটি তারজালের উপরে ধারকের সাহায্যে রাখিয়া কর্কের একটি ছিদ্রে একটি **দীর্ঘ-নল** ফানেল ঢুকানো হয় এবং অপর ছিদ্র দিয়া একটি বাঁকা নির্গম-নল লাগানো থাকে। নির্গম-নলের অপর মুখ একটি জলভরা দ্রোণীর মধ্যে রাখা হয়।



নাইট্রোজেন প্রস্তুতি

দীর্ঘ-নল ফানেলের নলটি ফ্লাস্কের দ্রবণের প্রায় তলদেশে প্রবেশ করে এবং নির্গম-নলের গোড়ার মুখটি তরলের অনেক উপরে থাকে। এইবার ধীরে ধীরে ফ্লাস্ক বুনসেন দীপ দ্বারা উত্তপ্ত করিয়া প্রথমে ফ্লাস্কের বায়ু বাহির হইয়া যাইতে দিতে হয়। তারপরে একটি জলভরা গ্যাসজার উপুড় করিয়া নির্গম-নলের মুখে রাখা হয়। এইবার নাইট্রোজেন গ্যাস বুদ্‌বুদের আকারে জারের জল সরাইয়া গ্যাসজার পূর্ণ করে। একটি কাচের চাকতি দিয়া জারের মুখ ঢাকিয়া নাইট্রোজেন গ্যাসপূর্ণ জারটি সরাইয়া গ্যাস সংগ্রহ করা হয়।

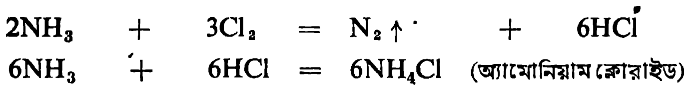
উৎপন্ন গ্যাসে সামান্য পরিমাণ ক্লোরিন, অ্যামোনিয়া, নাইট্রোজেন-অক্সাইড এবং জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকিতে পারে। বিশুদ্ধ গ্যাস পাইতে হইলে ইহা কোন তীব্র ক্ষারে ধৌত করিয়া লইতে হয়, পরে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শুষ্ক করিয়া এবং পরিশেষে উত্তপ্ত কপারের টুকরার ভিতর দিয়া চালিত করিয়া লইতে হয়। এই বিশুদ্ধ গ্যাস পারদ অপসারণ করিয়া গ্যাস-জারে সংগ্রহ করিতে হয়।

সতর্কতা (Precautions) ঃ নাইট্রোজেন উৎপন্ন হইতে আরম্ভ করিলে দীপটি ফ্লাস্কের তলা হইতে সরানো প্রয়োজন এবং গ্যাসের চাপ কমিয়া গেলে আবার দীপটি ফ্লাস্কের তলায় আনিতে হয়। এইভাবে বিক্রিয়ার তাপ নিয়ন্ত্রণ করা প্রয়োজন। দীর্ঘনল ফানেলটি এইজন্য লাগানো থাকে যে, ফ্লাস্কের মধ্যে যদি গ্যাসের চাপ বাড়িয়া যায় তবে ফ্লাস্কের দ্রবণ দীর্ঘ নলের ভিতর দিয়া ফানেলের মুখে উঠিয়া যায়। এরূপ অবস্থায় তৎক্ষণাৎ ফ্লাস্কের তলা হইতে দীপ সরাইয়া লইতে হয়। অন্যথায় ফ্লাস্ক ফাটিয়া বিস্ফোরণ ঘটে।

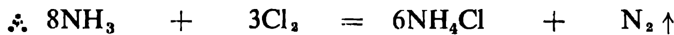
নাইট্রোজেন প্রস্তুতির অন্যান্য উপায় (Other processes of preparation of nitrogen) ঃ আরও কয়েকটি উপায়ে নাইট্রোজেন তৈরী করা যায়। কিন্তু ব্যবহারিক প্রয়োজনে এরূপ পদ্ধতির উপযোগিতা কম।

(i) ঘন অ্যামোনিয়ার দ্রবণের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করিলে নাইট্রোজেন ও হাইড্রো-

ক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড গঠন করে।



$$2NH_3 + 3Cl_2 = N_2\uparrow + 6HCl$$
$$6NH_3 + 6HCl = 6NH_4Cl \text{ (অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড)}$$



$$\therefore 8NH_3 + 3Cl_2 = 6NH_4Cl + N_2\uparrow$$

(ii) শক্ত কাচের নলের মধ্যে অতি তপ্ত তাঁমারের (Cu) উপর দিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প চালাইলে নাইট্রোজেন গ্যাস তৈরী হয়।



$$5Cu + 2HNO_3 = 5CuO + H_2O + N_2$$

(iii) লাল তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডের উপরে অ্যামোনিয়া গ্যাস চালাইলে নাইট্রোজেন গ্যাস তৈরী হয়। $3CuO + 2NH_3 = 3Cu + 3H_2O + N_2$

5·4. নাইট্রোজেনের ধর্ম (Properties) ঃ

(a) **ভৌত ধর্ম** (Physical properties) ঃ (i) নাইট্রোজেন একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন পদার্থ, (ii) নাইট্রোজেন খুব সামান্য পরিমাণে জলে দ্রবীভূত হয়; (iii) নাইট্রোজেনের উপর খুব চাপ দিয়া ও ঠাণ্ডা করিয়া ইহাকে প্রথমে তরলে এবং পরে কঠিন পদার্থে পরিণত করা যায়; (iv) নাইট্রোজেন বায়ুর চেয়ে হালকা। ইহার বাষ্প-ঘনত্ব 14.

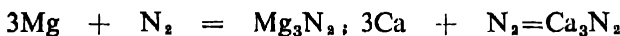
(b) **রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical properties) ঃ

(i) **অ-প্রাণ বায়ু** ঃ নাইট্রোজেন বিষাক্ত নয় কিন্তু শ্বাসকার্যে সহায়তা করে না।

(ii) **দাহক বা দহনশীল নয়** ঃ নাইট্রোজেন নিজে জ্বলে না বা অন্য কোন পদার্থকে জ্বলিতে সাহায্য করে না, অর্থাৎ নাইট্রোজেন দাহক বা দহনশীল নয়।

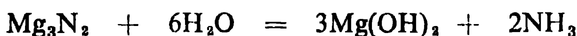
(iii) **নিষ্ক্রিয়তা** ঃ নাইট্রোজেন খুব নিষ্ক্রিয় পদার্থ। তাই নাইট্রোজেন প্রত্যক্ষভাবে অন্যান্য মৌলিক পদার্থের সঙ্গে সহজে যুক্ত হইয়া যৌগিক পদার্থ গঠন করিতে পারে না।

(iv) **নাইট্রাইড** ঃ নাইট্রোজেন উচ্চ তাপে ম্যাগনেসিয়াম ও ক্যালসিয়ামের সঙ্গে যুক্ত হইয়া যৌগিক পদার্থ গঠন করিতে পারে। নাইট্রোজেনের এরূপ যৌগিক পদার্থকে নাইট্রাইড বলা হয়। বিক্রিয়া ঃ

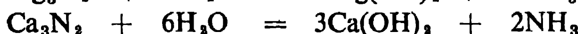


$$3Mg + N_2 = Mg_3N_2;\ 3Ca + N_2 = Ca_3N_2$$

এই সকল উৎপন্ন পদার্থ জলে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যামোনিয়া তৈরী করে।

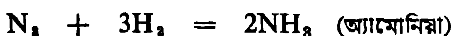


$$Mg_3N_2 + 6H_2O = 3Mg(OH)_2 + 2NH_3$$



$$Ca_3N_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2NH_3$$

(v) **অ্যামোনিয়া** ঃ লৌহ-চূর্ণকে অনুঘটক রূপে ব্যবহার করিয়া উচ্চ চাপ ও তাপের প্রভাবে হাইড্রোজেনের সংযোগ ঘটাইয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস গঠন করা যায়।



$$N_2 + 3H_2 = 2NH_3 \text{ (অ্যামোনিয়া)}$$

(vi) বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গের দ্বারা উচ্চ তাপে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। $N_2 + O_2 = 2NO$ (নাইট্রিক অক্সাইড)

5·5. ব্যবহার (Uses) ঃ (i) অ্যামোনিয়া, নাইট্রিক অ্যাসিড ও সার তৈরীর জন্য এবং (ii) বিদ্যুৎ বাতির বালব এবং গ্যাস থার্মোমিটার তৈরী করার জন্য নাইট্রোজেন ব্যবহার করা হয়।

5·6. সনাক্তকরণ (Test) ঃ (i) যে গ্যাসের মধ্যে জ্বলন্ত পাটকাঠি নিভিয়া যায় ও যাহার সংস্পর্শে চুন-জল ঘোলা হয় না এবং (ii) যে-গ্যাস তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম শুষিয়া নেয়—তাহাই নাইট্রোজেন।

প্রশ্ন

1. বায়ুর গঠনে ল্যাভয়েসিয়ারের বেলজার পরীক্ষা সংক্ষেপে বর্ণনা কর এবং প্রমাণ কর যে আয়তনিক হিসাবে বায়ুর এক-পঞ্চমাংশ অক্সিজেন।

2. বায়ুর বিভিন্ন উপাদানের কার্যকারিতা কি?

3. বায়ুর আয়তনিক গঠন নির্ণয়ে বেলজারের পরীক্ষা বর্ণনা কর।

4. বায়ু নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেনের একটি রাসায়নিক যৌগিক পদার্থ নহে,—ইহার বিশেষ কারণ ব্যাখ্যা কর।

5. বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ, রাসায়নিক যৌগ পদার্থ নহে—ইহার কারণ বর্ণনা কর।

6. (i) বায়ুতে অক্সিজেন বর্তমান, (ii) বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ, বায়ু নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগ নহে এবং, (iii) বায়ুতে আয়তন হিসাবে অক্সিজেনের ও নাইট্রোজেনর অনপাত 1ঃ4—প্রতিটি ক্ষেত্রে একটি পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর।

7. বায়ুর একটি গ্যাস দহন কার্যে সহায়তা করে এবং অপরটি করে না—রসায়নাগারে একটি পরীক্ষা দ্বারা ইহা কি প্রকারে প্রমাণ করা যায় তাহা বর্ণনা কর। বায়ুতে এই দুইটি গ্যাস একত্রে মিশ্রিত থাকে এবং রাসায়নিক যৌগ গঠন করে না—ইহার চারিটি প্রমাণ দেখাও। বায়ুতে আরও তিনটি গ্যাস আছে, উহাদের নাম উল্লেখ কর।

8. রসায়নাগারে কি প্রকারে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করিবে? প্রস্তুতির সময় কি কি সতর্কতা অবলম্বন করা প্রয়োজন?

9. নাইট্রোজেনকে কেন নিষ্ক্রিয় পদার্থ বলা হয়? নাইট্রাইড দ্বারা কি বোঝ? নাইট্রাইডের দুইটি উদাহরণ দাও।

10. রসায়নাগারে অ্যামোনিয়াম যৌগ হইতে কি প্রকারে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয়, উহা বর্ণনা কর। কি প্রকারে ইহা শুষ্ক করিয়া সংগ্রহ করা হয়? নাইট্রোজেনের শিল্প-প্রস্তুতি বর্ণনা কর।

11. (a) অ্যামোনিয়া লবণ এবং (b) বায়ু হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতির একটি করিয়া পদ্ধতি বর্ণনা কর। (b) পদ্ধতি হইতে প্রস্তুত নাইট্রোজেন (a) পদ্ধতিতে প্রস্তুত নাইট্রোজেন অপেক্ষা ভারী—ইহার কারণ কি? নাইট্রোজেনের প্রধান প্রধান ধর্ম এবং উহার রাসায়নিক সক্রিয়তা বিবৃত কর।

12. কি প্রকারে (a) বায়ু, (b) অ্যামোনিয়া (c) নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে নাইট্রোজেন পাওয়া যাইবে? বিশুদ্ধ নমুনার নাইট্রোজেন প্রস্তুত করিতে হইলে কি প্রকারের ব্যবস্থা অবলম্বন করিবে এবং কেন করিবে?

13. নাইট্রোজেন কিভাবে—হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, ম্যাগনেসিয়াম এবং ক্যালসিয়াম—ইত্যাদির সহিত ক্রিয়ান্বিত হয়? রাসায়নিক সমীকরণ দাও এবং বিক্রিয়ার পরিবেশ বর্ণনা কর।

---

6 কার্বন (Carbon)

কার্বনের ন্যায় এমন বিচিত্র ,বহুরূপী ও ঐশ্বর্যশালী মৌলিক পদার্থ আর একটিও নাই। কার্বন কখনও বহু মূল্য উজ্জ্বল হীরক, আবার সেই কার্বনই রূপান্তরে সামান্য কালো অঙ্গার মাত্র। আবার সেই কার্বনই অবস্থান্তরে খুব নরম পেন্সিলের উপাদান গ্র্যাফাইট। কোন বিশেষরূপে কার্বন অত্যন্ত সতেজ ও সক্রিয়; পক্ষান্তরে অন্য কোনরূপে সেই কার্বনই অতি নিষ্ক্রিয় ও উদাসীন।

শুধু এই বহুরূপতাই কার্বনের একমাত্র বৈশিষ্ট্য নয়। সমস্ত প্রাণী ও উদ্ভিদ্-জগৎ বাস্তব-পক্ষে মৌলিক পদার্থ কার্বনের সাম্রাজ্য। প্রতিটি প্রাণী ও উদ্ভিদ্-দেহের মূল উপাদান বিবিধ কার্বন যৌগ। কার্বনের ন্যায় এত অজস্র যৌগিক পদার্থ গঠনের ক্ষমতা আর কোন মৌলিক পদার্থের নাই। কার্বন-ঘটিত যৌগিক পদার্থের সংখ্যা দশ লক্ষের বেশি। কার্বনের যৌগের সংখ্যা এত বিপুল এবং সমস্ত প্রাণী ও উদ্ভিদ্ মূলত কার্বন দ্বারা গঠিত বলিয়া কার্বনের যৌগ সমূহ অধ্যয়নের জন্য রসায়নের একটি নূতন ও বিরাট শাখা গড়িয়া উঠিয়াছে, যাহার নাম—**জৈব রসায়ন** (Organic Chemistry) বা **কার্বন যৌগের রসায়ন** (Chemistry of carbon compounds)।

প্রকৃতিতে কার্বনের অজস্র যৌগ পাওয়া যায়। কয়লা, খনিজ তেল, বিভিন্ন হাইড্রোকার্বন গ্যাস, কার্বনের অ্যাসিডের লবণ তথা চক, পাথর ইত্যাদির ন্যায় কার্বনেট যৌগ এবং অন্যান্য জৈব যৌগ ও উদ্ভিদ্ মিলিয়া ভূ-পৃষ্ঠের শতকরা প্রায় 0·35 পদার্থ কার্বন দ্বারা গঠিত। মোট পরিমাণে কম হইলেও বৈচিত্র্য ও অজস্রতায় কার্বন যৌগের সংখ্যা অগণিত।

কার্বনের প্রতীক—C, পারমাণবিক ওজন 12 এবং যোজ্যতা 4.

6·1. কার্বনের বহুরূপতা ও রূপভেদ (Allotropy and allotropic forms of carbon)ঃ কোন কোন মৌলিক পদার্থের মধ্যে বহুরূপী স্বভাব দেখা যায়। যদি কোন মৌলিক পদার্থকে পৃথক্ ভৌতধর্ম ও অনেকাংশে পৃথক রাসায়নিক ধর্মের বৈশিষ্ট্যসহ একাধিক বিভিন্নরূপে পাওয়া যায়, তাহা হইলে সেই মৌলের এরূপ বিশিষ্ট প্রকৃতিকে বলা হয় **বহুরূপতা** (Allotropy) এবং মৌলটির এরূপ বিভিন্ন রূপকে বলা হয় **রূপভেদ** (allotropic modification)। কার্বনের রূপভেদের সংখ্যা আট, এবং ইহাদের বৈচিত্র্যও সর্বাধিক। একই মৌলের পরমাণু বা অণুগুলি বিভিন্ন আকৃতি (structure) গঠন করিয়া মৌলের এরূপ বিভিন্ন রূপভেদের বৈশিষ্ট্য সৃষ্টি করে।

কার্বনের রূপভেদ (Allotropy of carbon)ঃ মৌলিক পদার্থ কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদ পাওয়া যায়। কিন্তু মূলত ইহারা আকারে দুই রকম—**স্ফটিকাকার** ও **অনিয়তাকার**।

স্ফটিকাকার (Crystalline)	অনিয়তাকার (Amorphous)
1. হীরক বা ডায়মণ্ড (diamond)	1. উদ্ভিজ্জ বা কাঠ অঙ্গার বা চারকোল (wood charcoal)
2. গ্রাফাইট (graphite)	2. প্রাণীজ অঙ্গার (animal charcoal)
	3. সুগার চারকোল বা কার্বন (sugar charcoal or carbon)
	4. প্রদীপকালী বা ভুসা কয়লা (lamp black)
	5. কোক (coke)
	6. গ্যাস কার্বন (gas carbon)

এরূপ সব কয়টি রূপভেদ মূলত কার্বন। কিন্তু ভৌতিক ও রাসায়নিক ধর্মে ইহাদের পরস্পরের মধ্যে বিশেষ পার্থক্য বর্তমান।

6·2. কার্বনের স্ফটিকাকার রূপভেদ (Crystalline allotrope).

1. **হীরক** বা **ডায়মণ্ড** (Diamond) : হীরক পাওয়া যায় দক্ষিণ আফ্রিকা, ব্রেজিল, রাশিয়ার ইউরাল পর্বতমালা এবং ভারতবর্ষের গোলকুণ্ডা ও পান্নায়। পৃথিবীর অধিকাংশ হীরকের ভাণ্ডার দক্ষিণ আফ্রিকা। মোগল সম্রাটের কোহিনুর হীরকের খ্যাতি এক সময় সবচেয়ে বেশি ছিল। এই হীরকটি এখন বৃটেনের রাজমুকুটের শোভা বর্ধন করে।

কৃত্রিম হীরক (Artificial diamond) : ফরাসী বিজ্ঞানী **ময়সান** 1893 খ্রীষ্টাব্দে কৃত্রিম উপায়ে হীরক তৈরী করতে সক্ষম হন। লোহার (আয়রন—Fe) সঙ্গে চিনির অঙ্গার (sugar charcoal) মিশাইয়া তিনি বিদ্যুৎ চুল্লীতে (electric furnace) প্রায় 3000°C তাপমাত্রায় মিশ্রণটিকে উত্তপ্ত করেন এবং এই বিগলিত মিশ্রণকে আকস্মিক ভাবে তপ্ত ও সরল সীসা তথা লেডের মধ্যে ডুবাইয়া দিয়া ঠাণ্ডা করেন। এই মিশ্রণটি ঠাণ্ডা হইলে চিনির অঙ্গার (C) অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র হীরক কণায় (C) পরিণত হয়। এই হীরক কণা ও লোহার মিশ্রণকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ফুটাইয়া হীরক বিচ্ছিন্ন করা হয়।*

হীরকের ধর্ম (Properties of diamond) : হীরক দুই রকমের—একরকম হীরক উজ্জ্বল, স্বচ্ছ ও বর্ণহীন কার্বন, ইহার প্রতিসরাংক (refractive index) 2·42, অপর রকম হীরক কালো, অস্বচ্ছ ও অনুজ্জ্বল। ইহা অষ্টভূজ স্ফটিক। এক্স-রশ্মির (X-ray) সামনে কৃত্রিম হীরক অস্বচ্ছ কিন্তু স্বাভাবিক হীরক স্বচ্ছ। তাই এক্স-রশ্মি সম্পাতিত করিয়া কাচ ও কৃত্রিম হীরক তথা প্রাকৃতিক হীরকের পার্থক্য ধরা যায়।

(i) পৃথিবীর সমস্ত পদার্থের মধ্যে হীরক কঠিনতম পদার্থ। তাই যে-কোন পদার্থকে হীরক দ্বারা কাটা যায়। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 3·52. (ii) **হীরক অত্যন্ত নিষ্ক্রিয়** (inactive)

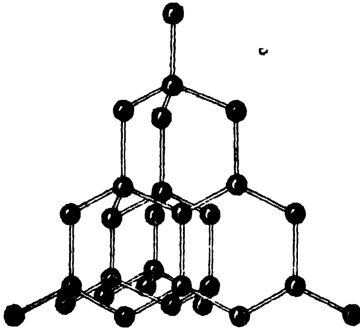
---

* বর্তমানে বিজ্ঞানীরা কৃত্রিম হীরক প্রস্তুতি সম্বন্ধে একমত নহেন।

পদার্থ। কোন রকম রাসায়নিক তরলে হীরক দ্রবীভূত হয় না। অ্যাসিড বা ক্ষারের সংস্পর্শে হীরক অবিকৃত থাকে।

(iii) হীরক তাপ বা বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিবহণ করিতে অক্ষম। (iv) কিন্তু অক্সিজেনের মধ্যে অতি উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিলে হীরক জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। যথা: $C+O_2=CO_2$

হীরকের স্ফটিকাকৃতি: হীরকের স্ফটিক বা কেলাসের কারণ পরমাণুগুলি পরস্পরের সঙ্গে সমযোজী বন্ধনে (tetrahydral) আকৃতি গঠন করে। এরূপ গঠনের ফলে পরমাণুর বিন্যাস ত্রি-মাত্রিক আয়তনরূপে সংস্থিত থাকে। এরূপ হীরক কেলাসের যে-কোন তিনটি কার্বন পরমাণুর সংযোগে গঠিত কোণের পরিমাপ—109°28′, এরূপ কেলাসাকৃতি হীরক অতিকায় অণুরূপে গঠিত। এরূপ আকৃতিক গঠনের জন্য হীরকের কাঠিন্য ও নিষ্ক্রিয়তার মাত্রা অত্যধিক।

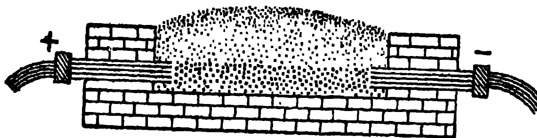


হীরকের স্ফটিকাকৃতি

হীরকের ব্যবহার (Uses of diamond)): কালো হীরকের নাম **কারবোনেডো**। কালো হীরক ব্যবহার করা হয় পাথর ও উজ্জ্বল হীরক কাটা এবং মসৃণ করার জন্য। হীরক সাধারণত কাচ, রত্ন পাথর অন্যান্য কঠিন পদার্থ কাটা ও মসৃণ করার জন্য ব্যবহার করা হয়। কিন্তু উজ্জ্বল ও স্বচ্ছ হীরকের প্রধান মূল্য রত্নপাথর রূপে।

2. **গ্র্যাফাইট** (Graphite): গ্র্যাফাইট অর্থ—'লিখন'। গ্র্যাফাইট দ্বারা লেখা যায়। তাই কাঠ-পেন্সিলের সীসরূপে গ্র্যাফাইট ব্যবহার করা হয়। সাধারণত যাকে লেডপেন্সিল বলা হয় তাহা সীসার পেনসিল নয়, ইহা গ্র্যাফাইট-সীসের পেনসিল। সিংহল, সাইবেরিয়া, ক্যালিফোর্নিয়া ও ইতালীতে গ্র্যাফাইট পাওয়া যায়।

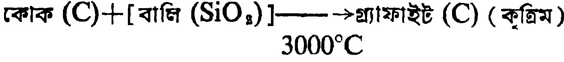
কৃত্রিম গ্র্যাফাইট (Artificial graphite): উচ্চতাপে বিশুদ্ধ কয়লা তথা অ্যানথ্রাসাইট কয়লা বা কোককে গ্র্যাফাইটে রূপান্তরিত করা যায়। অ্যানথ্রাসাইট কয়লার প্রায়



গ্র্যাফাইট তৈরীর বৈদ্যুতিক চুল্লী

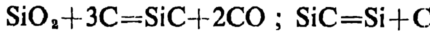
94 ভাগ কার্বন বর্তমান। বালির সঙ্গে অ্যানথ্রাসাইট কয়লা অথবা কোক বা কাঠ-কয়লা মিশাইয়া

3000°C তাপমাত্রায় বৈদ্যুতিক চুল্লীতে 25 হইতে 30 ঘন্টাব্যাপী উত্তপ্ত করিলে কোক বা অঙ্গার গ্র্যাফাইটে পরিণত হয়।



$$\text{কোক } (C) + [\text{বালি } (SiO_2)] \xrightarrow[3000^\circ C]{\text{তাপ}} \text{গ্র্যাফাইট } (C) \text{ (কৃত্রিম)}$$

প্রথমে বালি ও কার্বন সিলিকন কারবাইড (SiC) গঠন করে। এই সিলিকন কারবাইড উচ্চ তাপমাত্রায় ভাঙ্গিয়া সিলিকন ও গ্র্যাফাইট-কার্বনে পরিণত হয়। সিলিকন উচ্চতাপে গ্যাস-রূপে বাষ্পায়িত হয় এবং অবশিষ্ট থাকে কঠিন গ্র্যাফাইট। বিক্রিয়া :

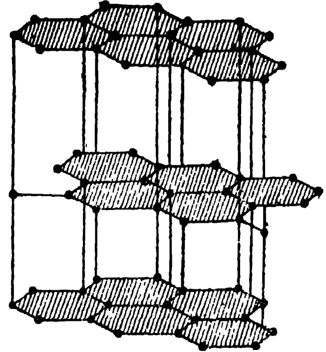


$$SiO_2 + 3C = SiC + 2CO\ ;\ SiC = Si + C$$

কৃত্রিম গ্র্যাফাইটের দাম প্রাকৃতিক গ্র্যাফাইটের চেয়ে কম নয়। অ্যামেরিকায় বিদ্যুৎ সস্তা বলিয়া অল্প খরচে সেখানে কৃত্রিম গ্র্যাফাইট তৈরী করা সম্ভব। গ্র্যাফাইটের ওজন হীরকের চেয়ে কম এবং ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·52; **হীরক অষ্টভুজ কৃস্ট্যাল কিন্তু গ্র্যাফাইট ষড়ভুজ কৃস্ট্যাল।**

গ্র্যাফাইটের ধর্ম : (i) গ্র্যাফাইট দেখিতে গাঢ় ধূসর ও চক্‌চকে এবং কৃস্ট্যাল আকার। স্পর্শে গ্র্যাফাইট নরম ও পিচ্ছিল। (ii) গ্র্যাফাইটের তাপ ও বিদ্যুৎ বহনের ক্ষমতা আছে। (iii) গ্র্যাফাইট নিষ্ক্রিয় পদার্থ কিন্তু হীরকের ন্যায় তেমন নিষ্ক্রিয় নয়। হীরকের উপরে না হইলেও গ্র্যাফাইটের উপর নাইট্রিক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের এবং ক্ষারের বিক্রিয়া ঘটে। (iv) অক্সিজেনের মধ্যে 700°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে গ্র্যাফাইট কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। (v) গ্র্যাফাইট ফ্লুরিনের সঙ্গে 500°C তাপমাত্রায় কার্বন টেট্রাফ্লুরাইড (CF_4) গঠন করে।

গ্র্যাফাইটের কেলাসের আকৃতি : গ্র্যাফাইটের ছয়টি পরামাণু ষড়ভুজ আকৃতিতে পরস্পরে সমযোজী বন্ধনে মুক্ত হইয়া এক একটি সমতল স্তর গঠন করে। এরূপ বিভিন্ন কার্বন পরমাণু সংযুক্ত স্তরগুলি সম দূরত্বে অবস্থিত হইয়া গ্র্যাফাইট কেলাসের মধ্যে অতিকায় গ্রাফাইট অণু গঠিত হয়। এরূপ বিভিন্ন স্তরগুলি শিথিলভাবে পরস্পরের উপরে অবস্থিত থাকে বলিয়া গ্রাফাইটের মধ্যে তৈলাক্ত ধর্ম দেখা যায়।

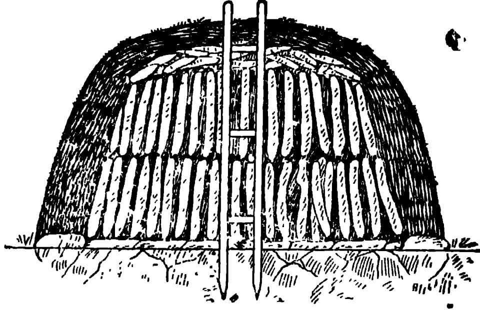


গ্র্যাফাইটের কেলাস আকৃতি

গ্র্যাফাইটের ব্যবহার (Uses of graphite) : গ্র্যাফাইট দ্বারা কাগজে দাগ পড়ে বলিয়া পেনসিলের সীসরূপে ব্যবহৃত হয়। (ii) উচ্চ তাপবাহী মুচি, বৈদ্যুতিক চুল্লী তৈরী করা ও বিদ্যুৎ পরিবহণের জন্য, (iii) ইলেকট্রোটাইপ তৈরীর কাজে, (iv) পারমাণবিক শক্তি উৎপাদনের কাজে রি-অ্যাকটার বা চুল্লীতে গ্র্যাফাইট ব্যবহার করা হয়, (v) লুব্রিকেটিং তৈল তৈরী করার জন্য এবং (vi) শুষ্ক ব্যাটারীর জন্যও ইহা ব্যবহৃত হয়।

6·3. কার্বনের অনিয়তাকার রূপভেদ (Amorphous allotropes) **:**

1. **সাধারণ বা উদ্ভিজ্জ অঙ্গার** (Wood charcoal) **:** সাধারণ অঙ্গারের মধ্যে কয়লা, কাঠ, চিনি ও নারিকেল-মালার অঙ্গারই প্রধান। কাঠ, চিনি বা নারিকেলমালা জৈব পদার্থ। কাঠের মধ্যে আছে শতকরা 50 ভাগ কার্বন। বায়ুহীন পাত্রে আবদ্ধ করিয়া কাঠ উত্তপ্ত করিলে অর্থাৎ কাঠের অন্তর্ধূম পাতনের (destructive distillation) ফলে কাঠ হইতে—(ক) দহনশীল গ্যাস (combustible gases), (খ) আলকাতরা, (গ) কাঠ স্পিরিট (wood spirit) ও অন্যান্য বহু মূল্যবান জৈব পদার্থ (organic compounds) নির্গত হয় এবং (ঘ) অবশেষরূপে (residue) পাত্রে পড়িয়া থাকে কাঠ-কয়লা বা অঙ্গার (wood charcoal)। বায়ুবদ্ধ (closed) লোহার পাত্রে উত্তপ্ত করিয়া কাঠকে অঙ্গারে পরিণত করা হয় এবং কাঠ-পাতনে প্রাপ্ত গ্যাস হইতে বিভিন্ন রাসায়নিক পদার্থ সংগ্রহ করা হয়। বায়ুবদ্ধ পাত্রে অন্তর্ধূম পাতনপন্থায় নারিকেলমালা হইতে উৎকৃষ্ট উদ্ভিজ্জ অঙ্গার তৈরী করা যায়।



উদ্ভিজ্জ অঙ্গার প্রস্তুতি

2. **প্রাণিজ অঙ্গার** (Annimal charcoal) **:** জীবদেহের **হাড়** ও **রক্তে** কার্বন বর্তমান। তাই, হাড় বায়ুবদ্ধ পাত্রে উত্তপ্ত করিলে অর্থাৎ হাড়ের অন্তর্ধূম পাতনের ফলে হাড়ের অন্যান্য জৈব পদার্থ বাষ্পরূপে নির্গত হইয়া যায় এবং হাড়ের ক্যালসিয়াম ফসফেটের উপর রন্ধ্র-বহুল অঙ্গার (porous charcoal) জমিয়া থাকে। বায়ুবদ্ধ পাত্রে রক্ত উত্তপ্ত করিয়া অর্থাৎ অন্তর্ধূম পদ্ধতিতে পাতিত করিয়া প্রাণিজ অঙ্গার তৈরী করা হয়।

3. **সুগার চারকোল** (Sugar charcoal) **বা বিশুদ্ধ চারকোল** (pure charcoal) **:** আখের চিনির (cane sugar) ঘন দ্রবণের সঙ্গে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিলে অ্যাসিড চিনির জলীয় অংশ শোষণ করে এবং এরূপ বিশোষণ ক্রিয়ার ফলে শুধু চিনির অঙ্গার বা চারকোল অবশিষ্ট থাকে। এই চারকোল পাতিত জলে বিধৌত করিয়া ক্লোরিন গ্যাসের মধ্যে শুষ্ক করা হয়। ক্লোরিন গ্যাস চিনির অঙ্গারের অবশিষ্ট হাইড্রোজেন অপসারিত করে।

উল্লিখিত প্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত চিনির অঙ্গার **বিশুদ্ধ কার্বন** (pure carbon)।

6·4. অঙ্গারের ধর্ম (Properties of charcoal) **:** (i) **তাপ ও বিদ্যুৎ এর অপরিবাহী** (non-conductor) **:** সাধারণ বা জৈব অঙ্গার কোনটিই ভালভাবে তাপ ও বিদ্যুৎ বহন করিতে পারে না।

(ii) **রন্ধ্র গঠন** (Porous form) ঃ চারকোল বা অঙ্গারের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·4—1·9 ; কিন্তু অঙ্গারের গঠন রন্ধ্রবহুল বলিয়া অঙ্গারের ছিদ্রগুলিতে বায়ু ভরা থাকে। তাই, জলের চেয়ে ভারী হওয়া সত্ত্বেও অঙ্গার জলে ভাসে। অঙ্গার জলে অদ্রবণীয়।

(iii) **ক্ষার ও অ্যাসিডের বিক্রিয়া** (Action of alkali and acid) ঃ অঙ্গারের সঙ্গে ক্ষারের কোন বিক্রিয়া হয় না। কিন্তু অ্যাসিডের সম্পর্কে অঙ্গারের ধর্ম হীরক ও গ্র্যাফাইটের চেয়ে আলাদা। তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অঙ্গার কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। বিক্রিয়া ঃ



$$C+2H_2SO_4=CO_2+2SO_2+2H_2O$$



$$C+4HNO_3=CO_2+4NO_2+2H_2O$$

(iv) **কার্বনের জারণ** (Oxidation of carbon) ঃ অঙ্গার 400°C তাপমাত্রায় অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বন-ডাই-অক্সাইড গঠন করে। কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) গঠনের জন্য গ্রাফাইটের 700°C এবং হীরকের 800°C তাপমাত্রা প্রয়োজন। ফ্লুরিন গ্যাসের মধ্যে উত্তপ্ত অঙ্গার আপনি জ্বলিয়া উঠে এবং কার্বন টেট্রা-ফ্লুরাইড (CF_4) গঠন করে। বিক্রিয়া ঃ $C+2F_2=CF_4$

বিজারণ ক্ষমতা (Reducing property) ঃ অঙ্গার একটি অত্যন্ত ক্ষমতাশালী বিজারক পদার্থ (reducing agent)। ধাতুর অক্সাইডের (PbO, Fe_2O_3, ZnO ইত্যাদি) সঙ্গে অঙ্গার মিশাইয়া উচ্চতাপে উত্তপ্ত করিলে অঙ্গার ধাতুর অক্সাইডের অক্সিজেনের সঙ্গে মিশিয়া কার্বন মনক্সাইড গ্যাস গঠন করে ও ধাতুর অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া ধাতুতে পরিণত করে। বিক্রিয়া ঃ $ZnO+C=Zn+CO\uparrow$

(v) **কার্বনের যৌগ গঠন ঃ** অঙ্গার উচ্চ চাপ ও তাপে হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিলিন গ্যাস (C_2H_2) এবং সালফার বাষ্পের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-সালফাইড গঠন করে। বিক্রিয়া ঃ $2C+H_2=C_2H_2$; $C+2S=CS_2$

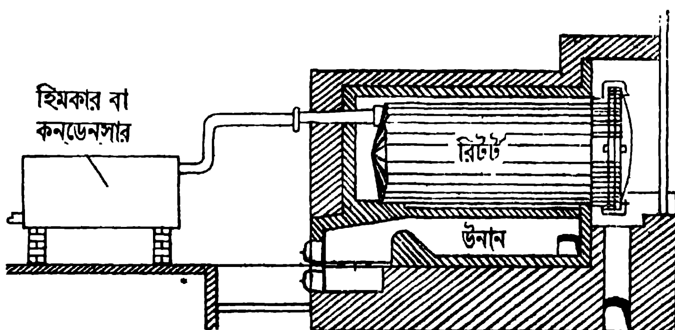
(vi) **বিশোষক** (Absorbent) ঃ অঙ্গার নিজের সচ্ছিদ্র কাঠামোর ছিদ্রের মধ্যে গ্যাস ও তরল শুষিয়া (absorb) লইতে পারে। অঙ্গার তাই কোন তরলের মধ্যে মিশ্রিত অবাঞ্ছিত রঙ, ময়লা, এবং দুর্গন্ধ ও স্বাদ নষ্ট করিতে পারে। সেইজন্য একদিকে গ্যাস শোষণ করার জন্য এবং অপরদিকে ময়লা ও দুর্গন্ধ এবং বিস্বাদ নষ্ট করিবার জন্য শোষকরূপে অঙ্গার ব্যবহার করা হয়।

(vii) **সক্রিয় চারকোল** (Activated charcoal) ঃ বায়ুহীন পরিবেশ অর্থাৎ আবদ্ধ পাত্রে নারিকেল মালা অন্তর্ধূম পন্থায় পাতিত করিলে যে চারকোল পাওয়া যায় তাহা সক্রিয় বলিয়া ইহার বিশোষণ ক্ষমতা বেশী। জিংক ক্লোরাইড ($ZnCl_2$) বা ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ($MgCl_2$) মাখাইয়া নারিকেল মালা বা কাঠকে অঙ্গারে পরিণত করিলে সেই অঙ্গারের সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায়। বায়ুপ্রবাহের মধ্যে 850°C—900°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলেও চারকোলকে সক্রিয় করা যায়।

• **অঙ্গারের ব্যবহার** (Uses of charcoal) : (i) বারুদের উপাদানরূপে, (ii) জল ছাঁকিবার ফিলটাররূপে, (iii) জীবাণু নাশক পদার্থরূপে, (iv) গ্যাস মুখোসে শোষকের উপাদান হিসাবে, (v) তরল পদার্থের অবাঞ্ছনীয় ময়লা, গন্ধ বা স্বাদ অপসারকরূপে এবং (vi) জ্বালানীরূপে ও (vii) ধাতু নিষ্কাশনে বিজারক পদার্থরূপে, এবং (viii) আইভরি ব্ল্যাক নামে কালো রং প্রস্তুতিতে অঙ্গার প্রধানত ব্যবহৃত হয়।

4. **প্রদীপ-কালি** (Lamp black) : হ্যারিকেনে বা তেলের প্রদীপে বায়ুর অভাব ঘটিলে কালি পড়ে এবং রান্নাঘরের উনানের উপরে এরূপ ভুসা ও কালি ঝুল জমা হয়। কাজলও ভুসা কালি। কাঠ-কয়লা পোড়াইবার সময়ে পর্যাপ্ত বায়ুর অভাবে ভুসা তৈরী হয়। এই প্রদীপ-কালি বা ভুসা ব্যবহার করা হয় প্রধানত ছাপার কালি তৈরী করার জন্য।

5. **কোক** (Coke) : বায়ুবদ্ধ পাত্রে কয়লা উত্তপ্ত অর্থাৎ অন্তর্ধূম পদ্ধতিতে পাতিত করিলে অপেক্ষাকৃত হাল্‌কা যে কালো কঠিন পদার্থ অবশিষ্ট থাকে তাহাই **কোক**। কয়লা একটি জৈব পদার্থ। অ্যানথ্রাসাইড কয়লায় আছে প্রায় 96% কার্বন এবং সাধারণ ব্যবহার্য কয়লায় প্রায় 85% কার্বন। বায়ুবদ্ধ পাত্রে উত্তপ্ত করিলে কাঠের ন্যায় কয়লা হইতেও—(i) জ্বালানী



এরূপ বায়ুবদ্ধ রিটর্টে কয়লা বা কাঠ উত্তপ্ত করিয়া কোক বা অঙ্গার তৈরী করা হয় এবং জৈব পদার্থও সংগ্রহ করা হয়।

গ্যাস (fuel gas), (ii) অ্যামোনিয়া ও অন্যান্য জৈবিক তরল পদার্থ এবং (iii) আল্‌কাতরা (tar) পাওয়া যায়। গ্যাস ও তরল পদার্থ নির্গত হওয়ার পরে পাত্রে অবশেষরূপে পড়িয়া থাকে কোক-কার্বন।

ব্যবহার : বাড়ীর রান্নার কাজে এবং ধাতু নিষ্কাশনের জন্য প্রচুর পরিমাণে কোক ব্যবহার করা হয়। কয়লার খনি এলাকায় কোক তৈরী করার ব্যবস্থা থাকে।

6. **গ্যাস কার্বন** (Gas carbon) : যে বায়ুবদ্ধ পাত্রে কয়লা পাতিত করিয়া কোক তৈরী করা হয় সেই পাত্রের উপর দিকে কার্বনের আস্তরণ জমিয়া ওঠে। এই কার্বনকে **গ্যাস কার্বন** বলা হয়। ইহা প্রায় বিশুদ্ধ কার্বন। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·35, ইহা কঠিন পদার্থ এবং

তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবহণে সক্ষম। ইহা তড়িৎ কোষ, পেনসিল ও আর্ক-লাইট তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

কার্বনের বহুরূপতার প্রমাণ (Proof of allotropic forms of carbon): হীরক, গ্র্যাফাইট অথবা যে কোন রূপের কার্বন লইয়া উহাকে বিশুদ্ধ অক্সিজেনের মধ্যে দহন করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। যদি চুন-জলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করা হয়, তাহা হইলে চুন-জল ঘোলা হইয়া যায় এবং অতিরিক্ত গ্যাস প্রবাহিত করিলে পুনরায় স্বচ্ছ হয়।

প্রশ্ন

1. বহুরূপতা কি? কার্বনের চারটি রূপভেদের উল্লেখ কর এবং (a) অঙ্গার (b) খনিজ কয়লার প্রত্যেকটির দুইপ্রকার ব্যবহার উল্লেখ কর।

2. কি প্রকারে সুগার এবং উদ্ভিজ্জ অঙ্গার তৈরী করিবে? সক্রিয় অঙ্গার কি? অঙ্গারের প্রধান ব্যবহার কি কি?

3. বিশুদ্ধ অঙ্গার কাহাকে বলে? কি প্রকারে ইহা তৈরী করিবে? অঙ্গারের ধর্ম বিবৃত কর।

4. কার্বনের রূপভেদের ধর্মের পারস্পরিক পার্থক্য ও সাদৃশ্য তুলনা কর।

5. হীরক কি? ইহার ব্যবহার কি?

6. কৃত্রিম গ্র্যাফাইট কি? ইহা কিরূপে তৈরী করা যায়? ইহার ধর্ম ও ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

7. অঙ্গার কি? ইহা সাধারণত কয় প্রকার? ইহার ধর্ম ও ব্যবহার লিখ।

8. কোক ও প্রদীপের কালির পার্থক্য কি? গ্যাস কার্বন কাহাকে বলে?

9. টীকা লিখ :—

(a) কোক, (b) প্রদীপ কালী, (c) হীরক, (d) গ্র্যাফাইট, (e) অঙ্গার।

LAKSHMI KANTA MANNA.

7 ফসফরাস
(Phosphorus)

ফসফরাস অর্থ আলোক-প্রকাশ। অন্ধকারে ফসফরাস এক প্রকার আলোক-প্রভা বিকীর্ণ করে। এই আলোককে বলা হয় অনুপ্রভা (Phosphorescence)। পরশ পাথরের সন্ধান করিতে যাইয়া জার্মান অ্যালকেমিস্ট ব্র্যাণ্ড (Brand) 1669 খ্রীস্টাব্দে প্রথম ফসফরাস আবিষ্কার করেন। তিনি প্রথম মূত্রের জলীয় অংশ বাষ্পীভূত করেন এবং অবশিষ্ট কঠিন পদার্থ হইতে সর্বপ্রথম ফসফরাস তৈরী করিতে সক্ষম হন। এই অনুপ্রভ পদার্থ টি সে-সময়ে রসায়নীদের কাছে ছিল এক রহস্যময় বস্তু। ব্র্যাণ্ড এই বস্তুটির ম্যাজিক দেখাইয়া এবং এই বস্তুটি তৈরী করার উপায় বেচিয়া বেশ দু'পয়সা রোজগার করেন। ব্র্যাণ্ড প্রথমে 200 ডলার দামে ফসফরাস তৈরী করার রহস্য ক্র্যাফট (Craft) নামে এক ব্যক্তিকে জানাইয়া দেন। ক্র্যাফটও ফসফরাসের ভুতুড়ে রশ্মি দেখাইয়া বেশ কিছু সঞ্চয় করেন। এই সময় কুঙ্কেল (Kunkel) নামে আর একজন জার্মান রসায়নী নিজের চেষ্টায় ফসফরাস তৈরী করিতে সক্ষম হন এবং কুঙ্কেলের নিকট হইতে আইরিশ বিজ্ঞানী বয়েল (Boyle) ফসফরাস তৈরী করার উপায় জানিতে পারেন। 1680 খ্রীস্টাব্দে বয়েল বৃহদায়তনে ফসফরাস তৈরী করার উপায় উদ্ভাবন করেন এবং একটি নবলব্ধ বৈজ্ঞানিক আবিষ্কাররূপে অন্যান্য বৈজ্ঞানিকদের কাছে তাহা প্রকাশ করিয়া দেন। সাদা ফসফরাস যে বায়ুর সংস্পর্শে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া ওঠে একথা জানা না থাকায় সে সময়ে চতুর্দশ লুইয়ের রাজ-চিকিৎসক নিজের বিছানায় ফসফরাস রাখার ফলে আগুনে পুড়িয়া মারিবার উপক্রম করিয়াছিলেন।

আগে মূত্রই ছিল ফসফরাস উৎপাদনের একমাত্র উৎস। কিন্তু 1777 খ্রীস্টাব্দে বিজ্ঞানী শিলী জীবদেহের হাড় পোড়াইয়া ফসফরাস তৈরী করিতে সক্ষম হন এবং সেই বছরে বিজ্ঞানী ল্যাভয়েসিয়ার প্রমাণ করেন যে, **ফসফরাস একটি মৌলিক পদার্থ এবং ইহার প্রতীক চিহ্ন নির্দিষ্ট হয় 'P' এবং পারমাণবিক ওজন 31.**

বাষ্পাকারে **ফসফরাস অণু** চারিটি পরমাণু দ্বারা গঠিত বলিয়া বাষ্পীয় ফসফরাস অণুর গঠন P_4 ; প্রায় 1000°C পর্যন্ত ইহার আণবিক গঠন—P_4 ; অধিকতর তাপমাত্রায় গঠন —P_2 ; আরও অধিক তাপমাত্রায় ইহার গঠন—P.

7·1. প্রাকৃতিক প্রাপ্তি (Natural sources) : ফসফরাস মৌল অবস্থায় পাওয়া যায় না। জীবজন্তুর হাড়, মাংসবেশী, স্নায়ু ও মস্তিষ্কে যৌগিক পদার্থরূপে এবং প্রকৃতিতে খনিজ **ফসফেট লবণরূপে** ফসফরাস পাওয়া যায়। আফ্রিকার টিউনেসিয়া, আলজেরিয়া ও মরক্কো অঞ্চলে প্রচুর পরিমাণে খনিজ ফসফেট পাওয়া যায়। ভারতেও ফসফেট পাওয়া যায়। এই খনিজ ফসফেট মূলত **ক্যালসিয়াম ফসফেট** (calcium phosphate) [$Ca_3(PO_4)_2$]। কোন কোন ক্যালসিয়াম ফসফেটের সঙ্গে মৌলিক পদার্থ ফ্লুরিন এবং ক্লোরিন যৌগ (CaF_2, $CaCl_2$) যুক্ত থাকে।

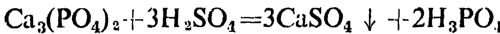
ফসফরাসের খনিজ যৌগের নাম ঃ (i) ফসফোরাইট (Phosphorite) $[Ca_3(PO_4)_2]$, (ii) ক্লোর‍্যাপাটাইট (chlora-apatite) $[3Ca_3(PO_4)_2, CaCl_2]$ এবং (iii) ফ্লোর-অ্যাপাটাইট (fluor-apatite) $[3Ca_3(PO_4)_2, CaF_2]$.

মানবদেহে বিভিন্ন অংশে ফসফরাস পাওয়া যায়। উদ্ভিদ—বিশেষ করিয়া শিমের মধ্যেও ফসফরাস পাওয়া যায়। ডিমের হলুদ অংশেও ফসফরাস থাকে। ফসফরাসের প্রধান ভাণ্ডার জীব-জন্তুর হাড় বা অস্থি এবং খনিজ ফসফেট লবণ।

7·2. **ফসফরাস প্রস্তুতি** (Preparation of phosphorus) ঃ ফসফরাস তৈরী করার মূল উপাদান **ক্যালসিয়াম ফসফেট**। ক্যালসিয়াম ফসফেট পাওয়া যায় জীব-জন্তুর হাড় পোড়াইয়া অথবা খনিজ ফসফেট হইতে। ক্যালসিয়াম ফসফেট ফসফরিক অ্যাসিডের লবণ। ফসফেট মূলকের ($PO_4^{\equiv}$) যোজ্যতা—3 এবং ক্যালসিয়ামের যোজ্যতা—2 ; তাই ক্যালসিয়াম ফসফেটের সংকেত—$Ca_3(PO_4)_2$.

(a) **অস্থিভস্ম হইতে** (From bone ash) ঃ জীব-জন্তুর অস্থিতে প্রায় 58% ক্যালসিয়াম ফসফেট থাকে। ইহা পোড়াইয়া ভস্ম করিলে ইহাতে 80% ক্যালসিয়াম ফসফেট পাওয়া যায়।

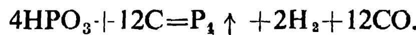
(i) অস্থি-ভস্ম অর্থাৎ ক্যালসিয়াম ফসফেট 60% লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা বিশ্লিষ্ট করিয়া ফসফরিক অ্যাসিড ও অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম সালফেট তৈরী করা হয়। বিক্রিয়া ঃ



$$Ca_3(PO_4)_2+3H_2SO_4=3CaSO_4\downarrow+2H_3PO_4$$

(ii) এই ফসফরিক অ্যাসিড পরিস্রুত ও পরে উত্তপ্ত করিয়া মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড (HPO_3) তৈরী করা হয়। বিক্রিয়া ঃ $H_3PO_4=HPO_3+H_2O$.

(iii) মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড ও চারকোল মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড চারকোল দ্বারা বিজারিত হইয়া গ্যাসীয় ফসফরাসের আকারে নির্গত হয়। বিক্রিয়া ঃ



$$4HPO_3+12C=P_4\uparrow+2H_2+12CO.$$

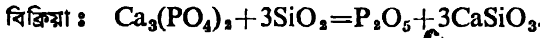
(iv) এই গ্যাসীয় ফসফরাস জলের পাত্রের মধ্যে চালাইয়া জলের তলায় সঞ্চিত করা হয়। বর্তমানে তড়িৎ-চুল্লীর সাহায্যে ফসফরাস উৎপাদনে সহজসাধ্য বলিয়া এই পদ্ধতি লোপ পাইয়াছে।

(b) **আধুনিক বৈদ্যুতিক চুল্লী পদ্ধতি** ঃ খনিজ ফসফেট, কোক (C) ও সিলিকার (SiO_2) সাহায্যে বৈদ্যুতিক চুল্লীর গহ্বরে বিশ্লিষ্ট করিয়া আধুনিক পদ্ধতিতে ফসফরাস তৈরী করা হয়।

(ক) **বৈদ্যুতিক চুল্লী** (Electric furnace) ঃ ফসফরাস তৈরীর বৈদ্যুতিক চুল্লী অগ্নি-সহ ইটে তৈরী। ইহা আকারে ডিম্বাকৃতি এবং স্থাপিত থাকে খাড়াভাবে। চুল্লীর মাথায় থাকে চোঙাকৃতি সংভরণ দ্বার (hopper) এবং উপরের দিকে একপাশে থাকে বাষ্পায়িত ফসফরাস নির্গমনের একটি নির্গম-নল (outlet)। চুল্লীর তলদেশে থাকে বিদ্যুৎ সঞ্চালনের জন্য দুইটি কার্বন দণ্ড। কার্বন-দণ্ডে বিদ্যুৎ সঞ্চালন করিয়া চুল্লীটিতে 1000°C হইতে 1500°C পর্যন্ত তাপমাত্রা সৃষ্টি করা হয়। চুল্লীর গহ্বরের নিম্নাংশের একপাশে থাকে ধাতুমল নির্গমনের জন্য একটি নল (slag outlet)।

(খ) **রাসায়নিক নীতি** (Chemical Principles) :

(i) **প্রথমে খনিজ ফসফেট** [$Ca_3(PO_4)_2$] চূর্ণ করিয়া কোক (C) ও বালির (SiO_2) সঙ্গে একত্র মিশ্রিত করা হয় এবং এই মিশ্রণ উপরের সংভরণদ্বারের ভিতর দিয়া চুল্লীতে ঢালা হয়। বালি অর্থাৎ সিলিকা প্রথমে ক্যালসিয়াম ফসফেটের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায় এবং প্রথম পর্যায়ে ফসফরাস পেন্টক্সাইড ও ক্যালসিয়াম সিলিকেট গঠিত হয়।

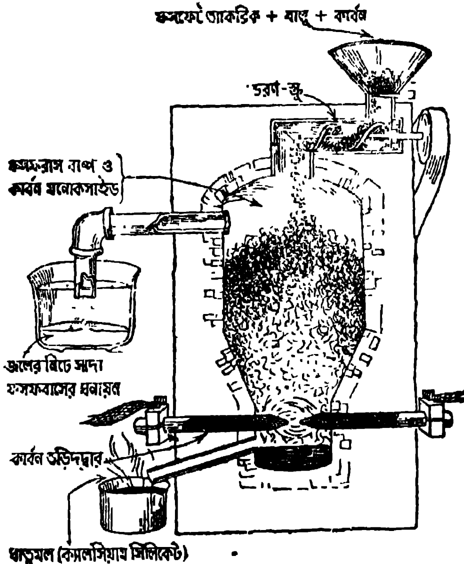


বিক্রিয়া : $Ca_3(PO_4)_2+3SiO_2=P_2O_5+3CaSiO_3$.

(ii) দ্বিতীয় পর্যায়ে ফসফরাস পেন্টক্সাইডের সঙ্গে কোক অর্থাৎ কার্বনের (C) বিক্রিয়া ঘটে এবং ফসফরাস পেন্টক্সাইড কার্বন দ্বারা বিজারিত (reduced) হইয়া ফসফরাস মৌলরূপে নির্মুক্ত হইয়া যায়। বিক্রিয়া : $P_2O_5+5C=2P+5CO\uparrow$

(iii) চুল্লীর উচ্চ তাপের ফলে মৌলরূপে নির্মুক্ত হওয়ার সঙ্গে সঙ্গেই ফসফরাস বাষ্পাকার লাভ করে এবং চুল্লীর উর্ধ্বাংশে অবস্থিত পার্শ্ববর্তী নির্গম নল দিয়া বাহির হইয়া একটি জলের ট্যাংকের মধ্যে প্রবেশ করে। এই বাষ্পায়িত ফসফরাস গরম জলের তলায় তরল মৌল রূপে সঞ্চিত হয়।

(iv) **গলিত ক্যালসিয়াম সিলিকেট ধাতুমলরূপে** (slag) চুল্লীর তলায় অবস্থিত নির্গম নলের পথে বাহির হইয়া যায়। **ক্যালসিয়াম ফসফেট হইতে যে ফসফরাস তৈরী করা হয় তাহা সাদা ফসফরাস** (white phosphorus)।



বৈদ্যুতিক চুল্লীতে ফসফরাস উৎপাদন

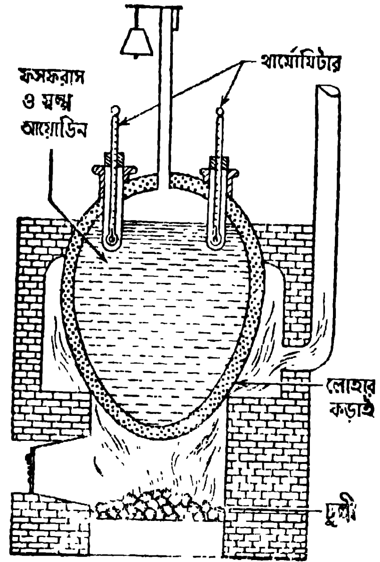
(v) **ফসফরাসের বিশোধন** (Purification of phosphorus) : বৈদ্যুতিক চুল্লী হইতে প্রাপ্ত অশুদ্ধ ফসফরাস তপ্ত জলে গলাইয়া প্রথমে ইহার সঙ্গে মিশ্রিত বালি বিচ্ছিন্ন করা হয়। এই ফসফরাস পরবর্তী পর্যায়ে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণের মধ্যে আলোড়িত করিয়া ইহার বিভিন্ন ময়লা আংশিকভাবে জারিত ও আংশিক দ্রবীভূত করা হয় এবং অন্যান্য মল আংশিকভাবে দ্রবণের উপরে সর বা ফেনারূপে ভাসিয়া উঠে। পরিস্রুত ফসফরাস তপ্ত ও তরল অবস্থায় শ্যাময় চর্মদ্বারা (chamois leather) পরিস্রুত করিয়া শীতল জলের মধ্যে কাচের নলে ভরিয়া ইহার দণ্ড তৈরী করা হয়। সাদা ফসফরাস স্বাভাবিক তাপমাত্রায় বায়ুর সংস্পর্শে আপনি জ্বলিয়া ওঠে বলিয়া জলের মধ্যে ডুবাইয়া রাখা হয়।

7·3. ফসফরাসের রূপভেদ (Allotropes) : ফসফরাসের পারমাণবিক ওজন 31 ; একই পারমাণবিক ওজন সত্ত্বেও মৌল অবস্থায় প্রাপ্ত একই রকম ফসফরাসের রূপভেদ একটি বর্ণে সাদা এবং অপরটি লাল অবস্থায় পাওয়া যায়। এই সাদা ও লাল ফসফরাসের রূপভেদের মধ্যে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে বিশেষ পার্থক্য দেখা যায়।

7·4. লাল ফসফরাস প্রস্তুতি (Preparation of red phosphorus) : সাদা ফসফরাসকে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ইহা লাল ফসফরাসে পরিণত হয়। ঢালাই লোহার বায়ু শূন্য পাত্রে কার্বন ডাই-অক্সাইড বা নাইট্রোজেনের ন্যায় নিষ্ক্রিয় গ্যাসে পূর্ণ করিয়া এবং ইহার মধ্যে সাদা ফসফরাস রাখিয়া 250°C তাপমাত্রায় কয়েক ঘণ্টা উত্তপ্ত করিলে সাদা ফসফরাসকে লাল ফসফরাসে রূপান্তরিত করা যায়। অনেক ক্ষেত্রে এরূপ বিক্রিয়ায় অনুঘটকরূপে অল্প পরিমাণে আয়োডিন ব্যবহার করা হয়। ব্যবহৃত পাত্র সাধারণত ডিম্বাকৃতি।

$$\text{সাদা ফসফরাস} \xrightarrow{250^\circ C} \text{লাল ফসফরাস}$$

ফসফরাসের এরূপ রূপান্তর প্রক্রিয়ায় তাপ সৃষ্টি হয় বলিয়া বিক্রিয়ার তাপমাত্রা সর্বদা 250°C উষ্ণতায় নিয়ন্ত্রিত রাখা হয়। এরূপ প্রক্রিয়ার শেষে লাল ফসফরাসের সঙ্গে কিছু পরিমাণে অপরিবর্তিত সাদা ফসফরাসও মিশ্রিত থাকে। তাই, এরূপ প্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত ফসফরাস ঘন কস্টিক সোডা দ্রবণে মিশ্রিত করিয়া ফুটানো হয়। কস্টিক সোডার সঙ্গে শুধু সাদা ফসফরাসের বিক্রিয়া ঘটে কিন্তু লাল ফসফরাস অবিকৃত থাকে। এই অবিকৃত লাল ফসফরাস জলে ধুইয়া পরিষ্কার করা হয়। লাল ফসফরাস বায়ুর সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া সহজে জারিত হয় না বলিয়া ইহাকে জলের মধ্যে রাখিবার প্রয়োজন হয় না।



লাল ফসফরাস প্রস্তুতি

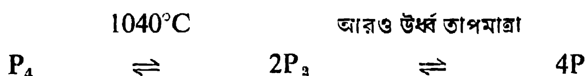
7·5. লাল হইতে সাদা ফসফরাস প্রস্তুতি (Preparation of white phosphorus) : ক্যালসিয়াম ফসফেট হইতে প্রস্তুত ফসফরাস সাদা ফসফরাস। সামান্য অবিশুদ্ধতার জন্য ইহা অনেক সময় দেখিতে হলুদ বর্ণের। লাল ফসফরাস একটি ফ্লাস্কে লইয়া উত্তাপে বাষ্পীভূত করিলে ঐ বাষ্প গ্রাহক পাত্রে ঠাণ্ডা হইয়া সাদা ফসফরাসরূপে সংগৃহীত হয়। ফ্লাস্ক ও গ্রাহক-পাত্রের ভিতরকার বায়ু পরীক্ষার পূর্বেই কার্বন ডাই-অক্সাইড কর্তৃক অপসারিত করিয়া লইতে হয়।

[**বিশেষ দ্রষ্টব্য** ঃ সাধারণত রসায়নাগারে যে ফসফরাস ব্যবহার করা হয় তাহা সাদা ফসফরাস। সাদা ফসফরাস বিষাক্ত। তাই, ইহা হাত দিয়া ধরা নিষেধ, ধরিতে হয় চিমটা দিয়া। সাদা ফসফরাস বায়ুর সংস্পর্শে স্বতঃই জ্বলিয়া উঠে। সেইজন্য ইহা সবসময়ে জলের নীচে রাখিতে হয় এবং জলের নীচে রাখিয়াই কাটিতে হয়। সাদা ফসফরাস ব্যবহারে বিশেষ সতর্ক থাকা প্রয়োজন।]

7·6. কালো ফসফরাস (Black phosphorus) ঃ সাদা ফসফরাসকে 200°C তাপমাত্রায় এবং প্রতি বর্গসেন্টিমিটারে 12,000—13,000 কে. জি. চাপ দিয়া ক্রিস্টালের আকারে ফসফরাসের আর একটি রূপভেদ প্রস্তুত করা যায়। ইহা দেখিতে গ্রাফাইটের ন্যায় এবং তাপ ও তড়িৎ পরিবাহী। ইহা কার্বন ডাই-সালফাইডে অদ্রবণীয়।

7·7. সাদা ফসফরাসের ধর্ম (Properties of white phosphorus) ঃ

(a) **ভৌত ধর্ম** (Physical properties) ঃ (i) ইহা সাদা ও মোমের মত নরম ঈষদ্স্বচ্ছ (translucent); (ii) ইহার গলনাংক 44°C, স্ফুটনাংক 288°C এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·84; (iii) ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইড, বেঞ্জিন, ইথার ও অ্যালকোহলে বিশেষ ভাবে দ্রবণীয়; (iv) ইহা বিষাক্ত, (v) অন্ধকারে সাদা ফসফরাস এক প্রকার শীতল সবুজাভ আলো বিকীর্ণ করে। এরূপ আলোক বিকিরণ পদ্ধতিকে বলা হয় **অনুপ্রভা** (phosphorescence)। অন্ধকারে এই অনুপ্রভা দেখা যায় এবং বায়ুর চাপ হ্রাস পাইলে অনুপ্রভা বৃদ্ধি পায়; (vi) আণবিক গঠনে 1040°C তাপমাত্রা পর্যন্ত সাদা ফসফরাস চতুর্পারমাণবিক (P_4); এই তাপমাত্রার উর্ধ্বে ইহা দ্বি-পারমাণবিক (P_2) এবং অধিকতর উচ্চ তাপমাত্রায় ইহা এক পারমাণবিক (P)।



$$P_4 \xrightleftharpoons{1040^\circ C} 2P_2 \xrightleftharpoons{\text{আরও উর্ধ্ব তাপমাত্রা}} 4P$$

(b) **রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical properties) ঃ

(i) সাদা ফসফরাস বাতাসে রাখিলে ইহা ফসফরাস পেন্টক্সাইডে পরিণত হয়। একটু উত্তাপেই ইহা দ্রুত অক্সাইড গঠন করে।

বিক্রিয়া ঃ $4P+5O_2=2P_2O_5$; স্বল্প পরিমাণে ট্রাই-অক্সাইডও (P_2O_3) গঠিত হয়।

(ii) হ্যালোজেনের সংস্পর্শে ফসফরাস স্বতঃই জ্বলিয়া ওঠে।



$P_4+6Cl_2=4PCl_3$; $P_4+10Cl_2=4PCl_5$; $P_4+6I_2=4PI_3$;

(iii) ইহা সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম ইত্যাদি উচ্চ ইলেকট্রোপজিটিভ ধাতুর সঙ্গে ফসফাইড যৌগ গঠন করে। $3Na+P=Na_3P$; $3Ca+2P=Ca_3P_2$

(iv) সালফারের সহিত ইহা সালফাইড যৌগ গঠন করে।



বিক্রিয়া ঃ $2P+5S=P_2S_5$; $4P+7S=P_4S_7$

(v) ইহা নিজে বিজারক বলিয়া ঘন ও তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা ফসফরিক অ্যাসিডে জারিত হয়। বিক্রিয়া ঃ $P_4+10HNO_3+H_2O=4H_3PO_4+5NO+5NO_2$

(vi) তপ্ত ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সাদা ফসফরাসের ফসফিন ও হাইপোফসফাইট গঠন করে। অ্যামোনিয়া (NH_3) যেমন নাইট্রোজেনের একটি গ্যাসীয় হাইড্রাইড যৌগ, ফসফিনও (PH_3) তেমনি ফসফরাসের একটি হাইড্রাইড যৌগ।



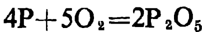
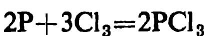
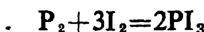
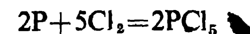
$P_4+3NaOH+3H_2O=PH_3+3NaH_2PO_2$ (সোডিয়াম হাইপো ফসফাইট)

(vii) কপার সালফেট দ্রবণ হইতে ফসফরাস ধাতব কপার অধঃক্ষিপ্ত করে।



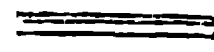
$2P+5CuSO_4+8H_2O=5Cu\downarrow+2H_3PO_4+5H_2SO_4$

7·8. সাদা ও লাল ফসফরাসের বিভিন্ন ধর্মের তুলনা
(Comparative properties of white and red phosphorus)

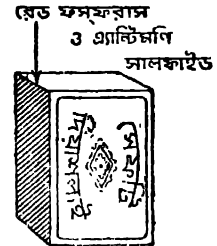
সাদা ফসফরাসের ধর্ম	লাল ফসফরাসের ধর্ম
1. সাদা ফসফরাস দেখিতে সাধারণত হরিদ্রাভ, মোমের মত নরম। তাই, সাদা ফসফরাসকে সহজেই ছুরি দিয়া কাটা যায়। ইহা নিয়তাকার।	1. লাল ফসফরাস লোহিতাভ ও চূর্ণ পদার্থ। ইহা অনিয়তাকার।
2. সাদা ফসফরাসে রসুনের ন্যায় গন্ধ আছে।	2. লাল ফসফরাসের কোন গন্ধ নাই।
3. সাদা ফসফরাস লাল ফসফরাসের চেয়ে ওজনে হালকা এবং আকারে অস্থায়ী। ইহার আঃ গুরুত্ব 1·83, গলনাংক 44°C ও স্ফুটনাংক 288°C।	3. লাল ফসফরাস অপেক্ষাকৃত ভারী ও আকারে স্থায়ী। ইহার আঃ গুরুত্ব 2·1 এবং গলনাংক 500°C–600°C, অতি উচ্চ স্ফুটনাংক।
4. সাদা ফসফরাস কার্বন ডাই-সালফাইড, অ্যালকোহল, বেঞ্জিন ইত্যাদি জৈব তরলে সম্পূর্ণ দ্রবণীয়।	4. লাল ফসফরাস কার্বন ডাই-সালফাইড, অ্যালকোহল ও বেঞ্জিন ইত্যাদি জৈব তরলে দ্রবণীয় নয়।
5. সাদা ফসফরাস অন্ধকারে অনুপ্রভা বিকীর্ণ (Phosphorescence) করে এবং আপনা আপনি বায়ুর সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে এবং অক্সাইড গঠন করে।  $4P+5O_2=2P_2O_5$	5. লাল ফসফরাসের অনুপ্রভা নাই। স্বাভাবিক তাপমাত্রায় বায়ুর সংস্পর্শে জ্বলিয়া ওঠে না, অক্সাইড গঠন করে না। লাল ফসফরাসের দহনাংক (ignition point) 250°C ; $4P+5O_2=2P_2O_5$
6. সাদা ফসফরাস খুব সক্রিয়। হ্যালোজেনের সংস্পর্শে নিজেই জ্বলিয়া ওঠে ও হ্যালাইড গঠন করে এবং কস্টিক পটাসের সঙ্গে ফুটাইলে ফসফিন (PH_3) গ্যাস ও হাইপোফসফাইট লবণ তৈরী হয়।  $2P+3Cl_3=2PCl_3$  $P_2+3I_2=2PI_3$	6. লাল ফসফরাসের সক্রিয়তা কম। উত্তপ্ত না করিলে হ্যালোজেনের সঙ্গে যৌগ গঠন করিতে পারে না। ইহা কস্টিক পটাসের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইতে অক্ষম। উত্তপ্ত করিলে বিক্রিয়া ঘটে :  $2P+3Cl_2=2PCl_3$  $2P+5Cl_2=2PCl_5$
7. সাদা ফসফরাস অত্যন্ত বিষাক্ত।	7. লাল ফসফরাস বিষাক্ত নয়।

7·9. ফসফরাসের ব্যবহার (Uses) : (i) ফসফরাসের প্রধান ব্যবহার দিয়াশলাই শিল্পে। আগে সাদা ফসফরাস দিয়া দিয়াশলাই তৈরী করা হইত। সাদা ফসফরাস বিষাক্ত বলিয়া এখন ইহার ব্যবহার নিষিদ্ধ। দিয়াশলাই দুই রকম—**লুসিফার ও সেফটি। ফসফরাস সালফাইড ও পটাসিয়াম ক্লোরেট** মিশাইয়া লুসিফার দিয়াশলাই-এর কাঠি তৈরী করা হয়। দিয়াশলাই বাক্সের গায়ে বালি ও কাচের গুড়া আঁঠা দিয়া লাগানো থাকে। এই অমসৃণ গায়ে কাঠি ঘষিলেই উহা জ্বলিয়া উঠে। সেফটি দিয়াশলাই-এর কাঠি তৈরী হয় আঠার সঙ্গে পটাসিয়াম ক্লোরেট ও কিছুটা গন্ধক মিশাইয়া।





দিয়াশলাই বাক্সের একপাশে লাল ফসফরাস ও অ্যান্টিমনী সালফাইড মাখানো থাকে। (ii) চটপটি তৈরী করার জন্যও ফসফরাস ব্যবহৃত হয়। (iii) ফসফরাস পেন্টক্সাইড (P_2O_5) একটি অতি প্রয়োজনীয় আর্দ্রতা বিশোষক (dehydrant)। (iv) যুদ্ধের সময় ধুম্রজাল (smoke screen) তৈরী করার জন্য এবং আগুনে বোমা তৈরীর জন্যও ফসফরাস ব্যবহার করা হয়।



7·10. নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের তুলনা : পর্যাবৃত্ত তালিকায় নাইট্রোজেন ও ফসফরাস সহধর্মী পঞ্চম গ্রুপের অন্তর্ভুক্ত। ইহাদের পারস্পরিক সাদৃশ্য ও পার্থক্য নিম্নরূপ :

বৈশিষ্ট্য	নাইট্রোজেন	ফসফরাস
1. পাঃ গুরুত্ব	14	31
2. পাঃ সংখ্যা	7	15
3. তড়িৎ ঋণাত্মকতা	3·0	2·1
4. গলনাংক	−210°C	44°C
5. সাধারণ তাপমাত্রায়	গ্যাস	কঠিন
6. অণুর সংকেত	N_2	P_4
7. রূপভেদ	সাধারণ ও সক্রিয় নাইট্রোজেন	সাদা ও লাল ফসফরাস
8. প্রধান যোজ্যতা	−3, +3, +5	−3; +3; +5
9. যোজ্যতার প্রকৃতি	সাধারণত সমযোজী, ধাতব যৌগে ব্যতিক্রম	সাধারণত সমযোজী, ধাতব যৌগে ব্যতিক্রম

বৈশিষ্ট্য	নাইট্রোজেন	ফসফরাস
10. হাইড্রাইড যৌগ	NH_3—ক্ষার ধর্মী, অ্যামোনিয়াম লবণ গঠন করে (NH_4Cl)	PH_3—ক্ষার ধর্মী, ফসফনিয়াম লবণ গঠন করে (PH_4Cl)
11. অক্সাইড যৌগ	N_2O ; NO ; N_2O_3 ; NO_2 ; N_2O_5.	P_2O_3 ; P_2O_5.
12. অ্যাসিড গঠন	N_2O_3 এবং N_2O_5 —HNO_2 এবং HNO_3 গঠন করে।	P_2O_3 এবং P_2O_5—H_3PO_3 এবং H_3PO_4 গঠন করে।
13. হ্যালাইড যৌগ	অস্থায়ী—NX_3 [X—F,Cl,I]	স্থায়ী—PX_3 [X=F, Cl, Br, I]
14. আর্দ্র-বিশ্লেষণ	হ্যালাইড যৌগ আর্দ্র-বিশ্লিষ্ট হয়।	হ্যালাইড যৌগ আর্দ্র-বিশ্লিষ্ট হয়।
15. ধাতব যৌগ	নাইট্রাইড গঠন করে —Mg_3N_2 ; Ca_3N_2	ফসফাইড গঠন করে —Mg_3P_2 ; Ca_3P_2

প্রশ্ন

1. তিনটি খনিজ ফসফরাসের যৌগের নাম ও সংকেত লিখ। অস্থিভস্মে ফসফরাসের কি যৌগ থাকে? ইহা হইতে কিরূপে ফসফরাস নিষ্কাশন করা হয়?

2. ফসফরাসের দুইটি খনিজ যৌগের নাম লিখ? 'বৈদ্যুতিক চুল্লী পদ্ধতি'তে কিরূপে ফসফরাস তৈয়ারী করা হয়? ইহাতে সাধারণত কোন খনিজ যৌগ ব্যবহৃত হয়?

3. রূপভেদ কি? ফসফরাসের ক্ষেত্রে কি প্রযোজ্য? তোমার উক্তির স্বপক্ষে যুক্তি দেখাও।

4. লাল ও সাদা ফসফরাস কি?

5. কালো ফসফরাস কি? ইহা কিরূপে তৈয়ারী করা হয়?

6. সাদা ফসফরাসকে লাল ফসফরাসে এবং লাল ফসফরাসকে সাদা ফসফরাসে কিরূপে রূপান্তরিত করিবে?

7. দিয়াশলাই কয় প্রকার ও কি কি? কিরূপে উহাদের তৈয়ারী করা হয়?

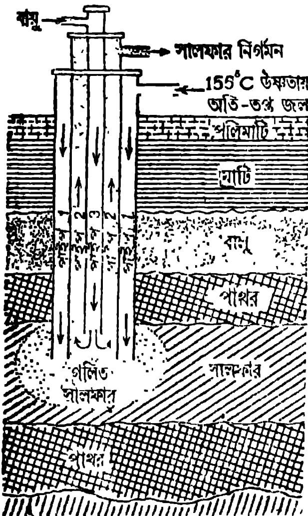
৪ সালফার

(Sulphur)

1777 সালে বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার প্রথম প্রমাণ করেন যে সালফার কোন যৌগিক পদার্থ নয়—একটি মৌলিক পদার্থ। সালফারের প্রতীক স্থির হয়—S এবং পারমাণবিক ওজন—32. যোজ্যতা—2, 4, বা 6.

8·1. প্রাকৃতিক প্রাপ্তি (Natural sources) ঃ মৌলরূপে মুক্ত অবস্থায় সিসিলি, জাপান, এবং আমেরিকা সালফারের প্রধান ভাণ্ডার। বেলুচিস্তানেও সালফার পাওয়া যায়। আগে সিসিলি ছিল পৃথিবীর সমস্ত দেশে সালফার সরবরাহের প্রধান কেন্দ্র। এখন বিশ্বের শতকরা 90 ভাগেরও বেশী সালফার আমদানী হয় আমেরিকার টেক্সাস ও লুসিয়ানা প্রদেশের খনি হইতে।

ধাতব সালফাইড ও সালফেট লবণরূপেও (metallic sulphide and sulphate) প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে সালফার পাওয়া যায়। এই সব সালফাইড এক একটি বিশেষ নামে পরিচিত। যথা ঃ আয়রণ পিরাইটিস—FeS_2 ; কপার পিরাইটিস—CuS_2, FeS_2 ; জিংক ব্লেণ্ড—ZnS ; গ্যালেনা—PbS ; সিনাবার বা হিঙ্গুল—HgS ইত্যাদি। সালফেটের মধ্যে উল্লেখযোগ্য যৌগ—অ্যানহাইড্রাইড—$CaSO_4$; জিপসাম—[$CaSO_4$, $2H_2O$] ব্যারাইটিস বা বেরিয়াম সালফেট—$BaSO_4$; কাইসেরাইট বা ম্যাগনেসিয়াম সালফেট—$MgSO_4$, H_2O ইত্যাদি। জৈব পদার্থ ডিম, রসুন, পেয়াজ, সরিষার তেল, চুল ইত্যাদির মধ্যে সালফার বর্তমান। ভারতে মৌল সালফার পাওয়া যায় না। আয়রণ পিরাইটিস যৌগরূপে বিহার, উড়িষ্যা, মধ্যপ্রদেশ ও আসামে ইহা পাওয়া যায়। মৌল সালফার বিদেশ হইতে ভারতে আমদানী করা হয়।



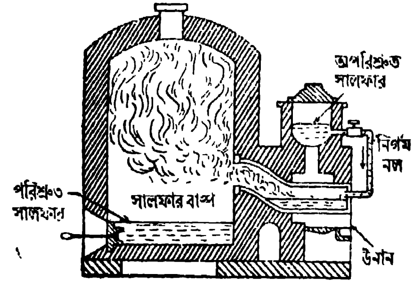
আমেরিকান (ফ্রাশ্) পদ্ধতিতে সালফারের উত্তোলন

8·2. সালফারের বৃহদায়তন প্রস্তুত পদ্ধতি (Large scale production of sulphur) ঃ **ফ্রাশ্ পদ্ধতি** (Frasch process) ঃ আমেরিকায় সালফার পাওয়া যায়, মাটি, বালি ও চুনাপাথরের কঠিন স্তরের তলায় প্রায় 300 ফুট নীচে। সমকেন্দ্রিকভাবে (concentric) অর্থাৎ, একটার ভিতর আর একটা এরূপ ভাবে তিনটি পাইপ একত্রে মাটি, বালি ও চুনাপাথরের স্তর ভেদ করিয়া সালফার স্তর পর্যন্ত বসানো হয়। প্রথমে বহিঃস্থ মোটা পাইপ (1 নং পাইপ) দিয়া উচ্চ চাপে 80°C তাপমাত্রায় অতি-তপ্ত (super

heated) জল বর্ধিত চাপ দিয়া মাটির তলায় সালফার স্তর পর্যন্ত পাঠানো হয়। অতি-তপ্ত জলের তাপে সালফারের কঠিন স্তর গলিয়া তরল হইয়া যায়।

এরূপ অবস্থায় মধ্যবর্তী পাইপের (3 নং পাইপ) ভিতর দিয়া মাটির তলায় তরল সালফারের উপরে তপ্ত-বায়ু প্রবল চাপ দ্বারা চালানো হয়। এই তপ্ত-বায়ুর নিম্নমুখী প্রবল চাপে তরল সালফার তপ্ত বাষ্পবাহী প্রথম ও তপ্ত বায়ু-বাহী তৃতীয় পাইপের মাঝে স্থাপিত দ্বিতীয় পাইপ দিয়া উপরে উঠিয়া আসে। এই তরল ও তপ্ত সালফারকে ঢালা হয় কাঠের ছাচে। কঠিন সালফার তৈরী হয় এরূপ ছাচের আকারে। এই সালফার প্রায় শতকরা 99·5—99·7 ভাগ বিশুদ্ধ। কাজেই ইহাকে আর শোধন করা হয় না।

সালফার বিশোধন (Purification)ঃ আমেরিকান সালফার প্রায় বিশুদ্ধ; কিন্তু সিসিলির সালফারে যথেষ্ট ময়লা থাকে। সালফার পরিস্রুত করা হয় বাষ্পায়ন বা পাতন পন্থায়। অবিশুদ্ধ বা স-মল (impure) সালফার প্রথমে একটি লোহার পাত্রে গলানো হয়। এই তরল সালফার পাইপের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হওয়ার সময় পাইপটিকে চুল্লীর কড়া তাপে উত্তপ্ত করা হয়। এইভাবে উত্তপ্ত হওয়ার সময় 440°C তাপমাত্রায় সালফার বাষ্পে পরিণত হয়। এই বাষ্পীয় সালফার প্রবেশ করে ইটে তৈরী একটি প্রশস্ত কক্ষে। সালফারের তপ্ত বাষ্প সংগ্রাহক কক্ষ বা চেম্বারের শীতল দেওয়ালে প্রথম সালফার আস্তরণের আকারে জমিতে আরম্ভ করে। সালফারের এরূপ পাউডারকে বলা হয় **ফ্লাওয়ার অব সালফার** (flower of sulphur)। চেম্বারের দেওয়ালে যথেষ্ট পরিমাণে তপ্ত সালফার পাউডার জমা হওয়ার পরে তাপ বাড়িয়া যায়। ইহার ফলে দেওয়ালে পুঞ্জীভূত সালফার-আস্তরণ গলিয়া তরল সালফারে পরিণত হয় এবং এই তরল সালফার নির্গম-নালা দিয়া প্রবাহিত করিয়া ছাঁচে ঢালিয়া **দণ্ডাকার কঠিন সালফার বা রোল সালফার** (roll sulphur) তৈরী করা হয়। সালফার পরিস্রুতির বিক্রিয়াটি ঘটে এই ভাবে ঃ



সালফার বিশোধন

$$\text{স-মল বা অবিশুদ্ধ সালফার} \xrightarrow{\text{তাপ } 44^\circ C} \text{সালফার বাষ্প} \xrightarrow{\text{চেম্বারের শীতলতা}} \text{সালফার পাউডার}$$

$$\xrightarrow{\text{তাপ বৃদ্ধি}} \text{তরল সালফার} \xrightarrow{\text{শীতলতা}} \text{ছাচবদ্ধ কঠিন সালফার দণ্ড।}$$

রাসায়নিক বিশুদ্ধ সালফার (Chemically pure sulphur)ঃ বাণিজ্যিক প্রয়োজনে এই রোল সালফার বা সালফার-দণ্ডই ব্যবহৃত হয়। রাসায়নিক প্রয়োজনে বিশুদ্ধ

সালফার তৈরী করা হয় সালফারকে কার্বন ডাই-সালফাইড (CS_2) তরলে দ্রবীভূত করিয়া। কার্বন ডাই-সালফাইড একটি অতি উদ্বায়ী পদার্থ। কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত সালফার দ্রবণ প্রথমে ফিল্টার করিয়া পরিস্রুত করারপর ঐ পরিস্রুত দ্রবণকে বাষ্পায়িত করিয়া বিশুদ্ধ কঠিন সালফার অবশেষরূপে পাতন-পাত্রে সংগৃহীত করা হয়।

8·3. সালফারের রূপভেদ (Allotropes of Sulphur) : মৌলগুলির মধ্যে সালফার বা গন্ধকই সর্বাধিক সংখ্যায় রূপভেদ (allotrope) গঠন করিতে সক্ষম। মূলতঃ এরূপ রূপভেদের প্রকৃতি দুই প্রকার : (ক) নিয়তাকার (crystalline)—যথা : **রম্বিক সালফার, মনোক্লিনিক সালফার** এবং অন্যান্য সালফার; (খ) অনিয়তাকার—**প্লাস্টিক সালফার ও কলয়ডিয় সালফার।**

সালফারের রূপভেদের তুলনা
(Comparison of allotropes of Sulphur)

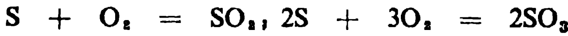
প্রভাব	রম্বিক	মনোক্লিনিক	প্লাস্টিক	কলয়ডিয়
1. বর্ণ	স্বচ্ছ, হরিদ্রাভ	হালকা হরিদ্রাভ (অ্যামবারের ন্যায়)	হরিদ্রাভ	দুধের ন্যায় সাদা
2. আকার	নিয়তাকার অষ্টভুজ	সূঁচের ন্যায় আকারে গঠিত	প্লাস্টিকের ন্যায় নম্র,	কলয়ডিয়
3. আণবিক গঠন	S_8	S_8	শৃঙ্খলাকার	S_8
4. স্থায়িত্ব	95·6°C তাপমাত্রার নীচে	95·6°C – 119°C	100°C তাপমাত্রায় অস্বচ্ছ	বাষ্পায়নে গ্যাসের ন্যায় অবস্থা প্রাপ্ত
5. আঃ গুরুত্ব	2·06	1·96	1·92	....
6. দ্রবণীয়তা	জলে অদ্রবণীয়, কার্বন ডাই-সালফাইড দ্রবণীয়	জলে অদ্রবণীয়, কার্বন সালফাইডে দ্রবণীয়	জল ও কার্বন সালফাইডে অদ্রবণীয়	বাষ্পায়নের পরে জলে দ্রবণীয়

8·4. ধর্ম (Properties) :

(a) **ভৌত ধর্ম** : (i) সাধারণ সালফার কেলাসাকার, হরিদ্রাভ, ভঙ্গুর এবং ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·06; (ii) স্বাদহীন কিন্তু সামান্য বিশেষ গন্ধ বর্তমান, (iii) তাপ ও তড়িৎ পরিবহনে অক্ষম। (iv) ইহার গলনাংক 112·8°C; স্ফুটনাংক 444°C; (v) সালফার কয়েকটি রূপভেদ গঠন করে; সব মৌলের মধ্যে ইহার রূপভেদের সংখ্যাই বেশী।

(b) **রাসায়নিক ধর্ম** : (i) **দহনশীলতা** (Combustibility) : তপ্ত সালফার

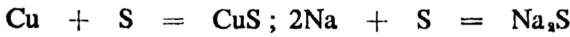
বায়ু বা অক্সিজেনের সংস্পর্শে অগ্নিশিখায় জ্বলিয়া ওঠে এবং সালফার ডাই-অক্সাইড ও অল্প পরিমাণে সালফার ট্রাই-অক্সাইড নামে দুই রকম অক্সাইড গঠন করে।



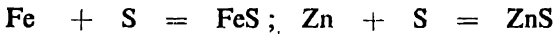
$$S + O_2 = SO_2,\ 2S + 3O_2 = 2SO_3$$

(ii) **জলের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action on water)ঃ জলের সঙ্গে সালফারের কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে না।

(iii) **ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action on metals)ঃ তপ্ত সালফার সরাসরিভাবে কপার (Cu), সিলভার (Ag), আয়রন (Fe), মার্কারী (Hg), জিংক (Zn) ইত্যাদি ধাতুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া সালফাইড (sulphide) যৌগ গঠন করে। সালফার বাষ্পের মধ্যে তামার পাত ধরিলে তামার পাত প্রদীপ্ত শিখায় জ্বলিয়া ওঠে ও কপার সালফাইড গঠন করে এবং সোডিয়ামও অগ্নিস্ফুলিঙ্গ ছড়াইয়া সোডিয়াম সালফাইড গঠন করে। বিক্রিয়াঃ



$$Cu + S = CuS;\ 2Na + S = Na_2S$$



$$Fe + S = FeS;\ Zn + S = ZnS$$

(iv) **হাইড্রোজেন সালফাইড** (Hydrogen sulphide)ঃ ফুটন্ত সালফারের মধ্যে হাইড্রোজেন গ্যাস চালাইলে অল্প পরিমাণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস তৈরী হয়। বিক্রিয়াঃ $H_2 + S = H_2S$

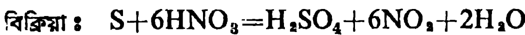
(v) **কার্বন ডাই-সালফাইড** (Carbon di-sulphide)ঃ লাল-তপ্ত কার্বনের সঙ্গে সালফার উত্তপ্ত করিলে কার্বন ডাই-সালফাইড গ্যাস তৈরী হয় এবং ঠাণ্ডা হইলে এই গ্যাস একটি অতি দহনশীল তরলে পরিণত হয়। বিক্রিয়াঃ $C + 2S = CS_2$

(vi) **অ্যাসিডের জারণ বিক্রিয়া** (Action of acid on sulphur)ঃ তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিড সালফারকে সালফার ডাই-অক্সাইডরূপে জারিত করে।



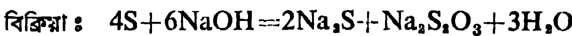
বিক্রিয়াঃ $S + 2H_2SO_4 = 3SO_2 + 2H_2O$

তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিড সালফারকে জারিত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত করে।



বিক্রিয়াঃ $S + 6HNO_3 = H_2SO_4 + 6NO_2 + 2H_2O$

(vii) **ক্ষারের বিক্রিয়া** (Action of alkali)ঃ সালফার ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সালফাইড এবং থায়ো-সালফেট নামের লবণে পরিণত হয়।



বিক্রিয়াঃ $4S + 6NaOH = 2Na_2S + Na_2S_2O_3 + 3H_2O$

8·5. ব্যবহার (Uses of sulphur)ঃ ধূম্ররূপে এবং জীবাণুনাশকরূপে প্রাচীনকাল হইতে সালফার বাষ্প ব্যবহার করা হয়। (ii) সালফার পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী করা হয়। সালফার ডাই-অক্সাইড, সালফিউরিক অ্যাসিড, সালফাইট লবণ এবং কার্বন ডাই-সালফাইড প্রস্তুতির জন্য সালফার ব্যবহার করা হয়। (iii) বন্দুকের বারুদ ও দিয়াশলাই তৈরী করার জন্য; (iv) ঔষধ তৈরী ও স্বাস্থ্যরক্ষার জন্যও সালফার ব্যবহার করা হয় এবং (v) বিভিন্ন বিকারক, যথাঃ কার্বন

ডাই-সালফাইড, ফসফরাস সালফাইড, সোডিয়াম থাইওসালফেট ইত্যাদি যৌগ প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

8·6. কার্বন, সালফার ও ফসফরাসের তুলনা : রাসায়নিক ধর্মে কার্বন, সালফার ও ফসফরাস বিভিন্ন মৌল এবং পিরিয়ডিক টেবিলেও ইহাদের স্থান বিভিন্ন [দ্বিতীয় খণ্ড অধ্যয়নের পরে সহজবোধ্য]। কিন্তু রূপভেদ গঠনের প্রকৃতিতে এরূপ মৌল তিনটির মধ্যে সাদৃশ্য দেখা যায়। [অক্সিজেনও ওজোন (O_3) নামে একটি রূপভেদ গঠন করে।] কার্বন, সালফার ও ফসফরাস তিনটি মৌলই কেলাসাকার এবং অনিয়তাকার রূপভেদ গঠন করে। হীরক, রম্বিক সালফার ও মনোক্লিনিক সালফার কেলাস অষ্টভূজ, কিন্তু গ্রাফাইট ষড়ভুজ। সালফার ও ফসফরাসের রূপভেদ বাষ্পীয় অবস্থায় একাধিক পরমাণু-দ্বারা অণুরূপে গঠিত। সাদা ফসফরাস ছাড়া আর কোন মৌলের রূপভেদ সাধারণ তাপমাত্রায় বায়ুর সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায় না। উচ্চতাপমাত্রায় কার্বনের সমস্ত রূপভেদ কার্বন-ডাই-অক্সাইড (CO_2), সালফারের রূপভেদ সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) এবং ফসফরাসের রূপভেদ ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড (P_2O_3) ও ফসফরাস পেন্টক্সাইড (P_2O_5) গঠন করে। ক্ষারের সঙ্গে একমাত্র সাদা ফসফরাস ফুটাইলে ফসফিন (PH_3) গঠিত হয়, অন্যান্য মৌলের রূপভেদের ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটে না। ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বনের রূপভেদ CO_2 ও SO_2 এবং CO_2 ও NO_2 গঠন করে, সালফারের রূপভেদ SO_2 ও NO_2 গঠন করে। পক্ষান্তরে ফসফরাসের রূপভেদ ফসফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) গঠন করে। সালফারের রূপভেদ প্রায় সব কয়টিই জৈব তরল, কার্বন ডাই-সালফাইড, অ্যালকোহল ও বেঞ্জিনে দ্রবীভূত হয় এবং সাদা ফসফরাসও দ্রবীভূত হয়। কিন্তু কার্বনের রূপভেদ বা লাল ফসফরাস এরূপ তরলে দ্রবীভূত হয় না।

প্রশ্ন

1. সালফারের দুইটি খনিজ যৌগের নাম বল? সালফারের প্রস্তুত-প্রণালী বিবৃত কর।
2. রূপভেদ কি? সালফারের রূপভেদ সম্বন্ধে আলোচনা কর।
3. কী অবস্থায় সালফার নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সহিত বিক্রিয়া করিবে এবং কি উৎপন্ন করে?

   (a) কপার, (b) জিঙ্ক, (c) জল, (d) কার্বন (e) হাইড্রোজেন।
4. অ্যাসিড ও ক্ষারের সহিত সালফারের বিক্রিয়া কিরূপ এবং ইহার ব্যবহার কি?
5. কার্বন, ফসফরাস ও সালফারের ধর্মের তুলনা কর।

9

হ্যালোজেন
(Halogen)

9·1. সমগোত্রী হ্যালোজেন মৌল-গোষ্ঠী : সমুদ্রজলের বিভিন্ন লবণের মধ্যে ফ্লুরিন ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের প্রায় একধর্মী লবণ পাওয়া যায় এবং সামুদ্রিক লবণ এরূপ মৌলের উৎস। হ্যালোজেনের অর্থ সমুদ্র লবণের উৎপাদক,—সেইজন্য এই অধাতব মৌল-গোষ্ঠিকে, হ্যালোজেন মৌল গোষ্ঠি বলা হয় (members of halogen family) ; ইহাদের সাদৃশ্যের লক্ষণ :

(i) **প্রাকৃতিক সমাবস্থা :** এরূপ একটি মৌলও প্রকৃতিতে মৌল অবস্থায় পাওয়া যায় না,—পাওয়া যায় একই ধরণের যৌগরূপে। যথা : NaF, NaCl, NaBr, KI ইত্যাদি।

(ii) **সম-আণবিক সংকেত :** F_2, Cl_2, Br_2 ও I_2 ;

(iii) **ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে ক্রমান্বয়তা :** ইহাদের পারমাণবিক গুরুত্ব ক্রমশ রদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মও ক্রমান্বয়ে পরিবর্তিত হয়।

পদার্থ	পাঃ গুরুত্ব	ভৌতাবস্থা	ঘনত্ব
F	19	হরিদ্রাভ সবুজ গ্যাস	1·1
Cl	35·46	সবুজ গ্যাস	1·6
Br	79·92	ঘন লাল তরল	3·2
I	126·92	বেগুনী ক্রিস্টাল	4·93

পদার্থ	গলনাংক	স্ফুটনাংক	তড়িৎ-ধর্ম	
F	—223°C	—187°C	নেগেটিভ ধর্মী	[F′] (4·0)
Cl	—102°C	—34°C	,,	[Cl′] (3·0)
Br	—7°C	59°C	,,	[Br′] (2·8)
I	+114°C	184°C	,,	[I′] (2·5)

(iv) **বিষাক্ত প্রকৃতি :** প্রতিটি গ্যাস ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত এবং বিষাক্ত ; এই সকল গ্যাসে শ্বাস-প্রশ্বাসে প্রাণীর মৃত্যু ঘটিতে পারে।

(v) **সম-যোজ্যতা :** ইহারা সমযোজী যৌগ (Covalent compound) গঠন করে এবং ইহাদের প্রধান যোজ্যতা—এক (1) এবং বিশেষ যোজ্যতা—সাত (7)। ইহাদের যৌগ-গুলির গঠনে মূল প্রাকৃতিতে সাদৃশ্য বর্তমান। যথা : NaF, NaCl, NaBr, NaI ইত্যাদি।

(vi) **ইলেকট্রো-নেগেটিভ প্রকৃতি :** ইহাদের ইলেকট্রো-নেগেটিভ প্রকৃতি পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সহিত ক্রমশ হ্রাস পায় বলিয়া ফ্লুরিন সবচেয়ে সক্রিয় মৌল এবং পরপর ইহাদের সক্রিয়তা হ্রাস পায়। তাই ফ্লুরিন—ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের যৌগ হইতে, ক্লোরিন—

ব্রোমিন ও আয়োডিনের যৌগ হইতে এবং ব্রোমিন-আয়োডিনের যৌগ হইতে হ্যালোজেন মৌলগুলিতে নির্মুক্ত করিতে পারে। বিক্রিয়া: $Cl_2+2NaBr \rightarrow 2NaCl+Br_2\uparrow$; ইহাদের ইলেকট্রো-নেগেটিভিটি ক্রমশ হ্রাস পায় বলিয়া কঠিনাকারের আয়োডিনের মধ্যে ইলেকট্রো-পজিটিভ ধাতব মৌলের ন্যায় আংশিক ধাতু-ধর্ম প্রকাশ পায়।

(vii) **সম-প্রকৃতির হাইড্রাসিড ও হ্যালাইড গঠন:** ইহারা প্রত্যেকে গ্যাসীয় অবস্থায় হাইড্রাসিড (HF,HCl, HBr, HI) গঠন করে। এরূপ অ্যাসিডগুলিও একই ধরণের হ্যালাইড যৌগ গঠন করে। [MgF_2, $MgCl_2$, $MgBr_2$, MgI_2].

(viii) **জারণ ক্ষমতা:** প্রতিটি হ্যালোজেনের মৌলের জারণ ক্ষমতা বর্তমান এবং এরূপ জারণ ক্ষমতা ক্রমান্বয়ে হ্রাস পায়। ফ্লুরিন ছাড়া অন্য সব মৌল ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায়। ইহাদের অক্সাইড যৌগগুলি অ্যাসিড-ধর্মী। ব্রোমিন ও আয়োডিনের মধ্যে ইলেকট্রো-পজিটিভ ধর্মের প্রকাশ পায় বলিয়া ইহাদের বিজারণ ক্ষমতাও বর্তমান।

(ix) ফ্লুরিন হ্যালোজেন গোষ্ঠীর অন্তর্ভুক্ত হইলেও রাসায়নিক সক্রিয়তায় এবং ইহার যৌগ সমূহ বহুলাংশে অক্সিজেনের সমধর্মী।

(x) **পিরিয়ডিক টেবিলে স্থান নির্ণয়:** এরূপ সম-ধর্মের জন্য এই হ্যালোজেন মৌলগুলি পিরিয়ডিক টেবিলের সপ্তম গ্রুপের খ-শ্রেণীভুক্ত।

ক্লোরিন আবিষ্কার করেন বিজ্ঞানী ডেভি (Davy) 1810 খৃষ্টাব্দে। **ব্রোমিন** আবিষ্কার করেন বিজ্ঞানী ব্যালার্ড (Balard) 1826 খৃষ্টাব্দে। সমুদ্রজলে ক্লোরিন চালাইয়া তীব্র গন্ধযুক্ত গাঢ় রক্তিম বর্ণের পদার্থটির নাম দেওয়া হয় ব্রোমিন। **আয়োডিন** আবিষ্কার করেন বিজ্ঞানী কুর্তোয়া(Courtuois)—1812 খৃষ্টাব্দে। সমুদ্রের উদ্ভিদ্ ভস্মের দ্রবণ হইতে Na_2CO_3 পৃথক্ করিয়া লওয়ার পর যে তরল অবশিষ্ট থাকে সেই তরল হইতে আয়োডিন আবিষ্কার করা হয়। এই আয়োডিন যে একটি মৌলিক পদার্থ তাহা প্রমাণ করেন ডেভি ও গে-লুসাক। সুন্দর বেগুনীবর্ণের জন্য নূতন মৌলিক পদার্থটির নাম দেওয়া হয় আয়োডিন। [ফ্লুরিন পাঠ্যক্রমের অন্তর্ভুক্ত নয়]।

ক্লোরিন (Chlorine)

ক্লোরিনের প্রতীক চিহ্ন—Cl; আণবিক সংকেত—Cl_2 এবং পারমাণবিক গুরুত্ব 35·46.

9·2. প্রাকৃতিক প্রাপ্তি (Natural occurrence): ক্লোরিন প্রকৃতিতে মৌল অবস্থায় পাওয়া যায় না। ক্লোরিনের প্রধান উৎস ধাতব ক্লোরাইড লবণ। সাধারণ লবণ সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) এবং পটাসিয়াম ক্লোরাইড (KCl), ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ($MgCl_2$) ইত্যাদি ধাতব লবণ ক্লোরিনের মূল ভাণ্ডার।

9·3. ক্লোরিন প্রস্তুতি (Preparation of Chlorine):

(a) **রসায়নাগারে প্রস্তুতি** (Laboratory process of preparation):

তত্ত্ব: রসায়নাগারে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশ্রণ

লইয়া উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জারিত হইয়া ক্লোরিন তৈরী হয়। রাসায়নিক বিক্রিয়া :



$$4HCl + MnO_2 = Cl_2\uparrow + MnCl_2 + 2H_2O$$

প্রকৃতপক্ষে এই রাসায়নিক বিক্রিয়াটি ঘটে দুই পর্যায়ে :



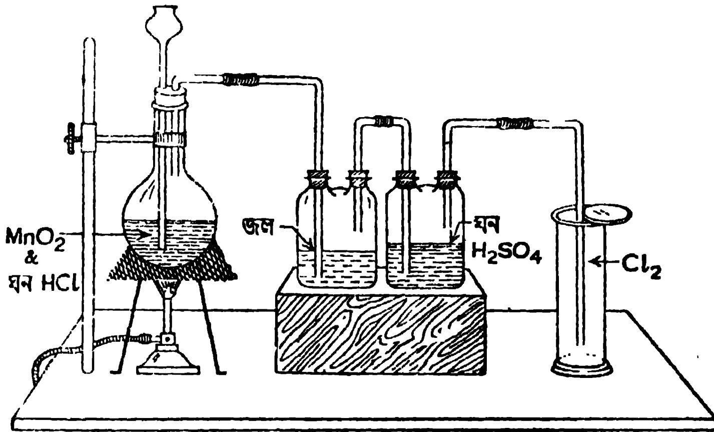
$$8HCl + 2MnO_2 = Cl_2\uparrow + 2MnCl_3 + 4H_2O$$



$$2MnCl_3 = Cl_2\uparrow + 2MnCl_2$$

প্রস্তুতি : (i) একটি গোলাকার ফ্লাস্কে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড পাউডার এবং ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড লওয়া হয়। ফ্লাস্কটি একটি ছিপি দ্বারা বন্ধ থাকে। এই ছিপির ভিতর দিয়া একটি দীর্ঘনল-ফানেল ও একটি সমকোণে বাকানো নির্গম-নল লাগানো হয়। দীর্ঘনল-ফানেলের ফ্লাস্কের ভিতরের মুখ অ্যাসিডে ডুবানো থাকে। অতঃপর ধারকের সাহায্যে ফ্লাস্কটি তারজালের উপর রাখিয়া ধীরে ধীরে গরম করিতে হয়। গরম হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে ঈষৎ হরিদ্রাভ ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

উৎপন্ন ক্লোরিন গ্যাসের সঙ্গে আংশিক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস এবং জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে। ঐ গ্যাস প্রথমে একটি ওয়াশ বোতলের মধ্যস্থ জলের মধ্য দিয়া ও তারপর একটি

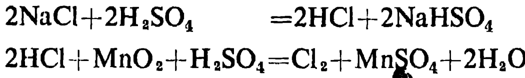


রসায়নাগারে ক্লোরিন গ্যাস প্রস্তুতি

ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডপূর্ণ ওয়াশ বোতলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া প্রথম বোতলে ঐ গ্যাস হইতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস ও দ্বিতীয় বোতলে জলীয় বাষ্প অপসৃত করা হয়। ক্লোরিন বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া গ্যাসজারে বায়ুর ঊর্ধ্বভ্রংশের (upward displacement) দ্বারা গ্যাস সংগ্রহ করিতে হয়।

(ii) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে বিকারক ফ্লাস্কে সোডিয়াম ক্লোরাইড বা সাধারণ লবণ (NaCl) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) এবং ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড (MnO_2) ব্যবহার করিয়াও ক্লোরিন তৈরী করা যায়।

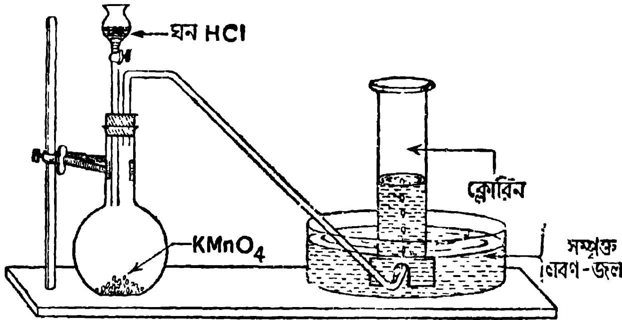
এরূপ ক্ষেত্রে প্রথমে সোডিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তৈরী হয়। পরবর্তী পর্যায়ে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড এই সদ্য উৎপন্ন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডকে জারিত করিয়া ক্লোরিন উৎপন্ন করে। এরূপ ক্ষেত্রেও যন্ত্রপাতির ব্যবস্থা সম্পূর্ণরূপে উপরে বর্ণিত পরীক্ষার ন্যায়। এই পদ্ধতিতে বিক্রিয়া ঘটে দুই পর্যায়েঃ



$$2NaCl + 2H_2SO_4 = 2HCl + 2NaHSO_4$$

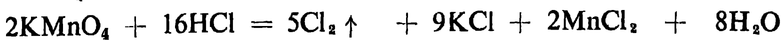
$$2HCl + MnO_2 + H_2SO_4 = Cl_2 + MnSO_4 + 2H_2O$$

(b) **স্বাভাবিক তাপমাত্রায় ক্লোরিন প্রস্তুতি** ঃ পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) দ্বারা ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) জারিত করিয়া **রসায়নাগারে স্বাভাবিক তাপমাত্রাতেই** ক্লোরিন তৈরী করা যায়। একটি চ্যাপ্টা-তল ফ্লাস্কের (flat bottom flask) মধ্যে রাখা হয় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট এবং ফ্লাস্কের মুখে ফিট করা হয় একটি বিন্দুপাতী ফানেল (dropping funnel) এবং একটি নির্গম-নল। বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া হাইড্রো-ক্লোরিক অ্যাসিড পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের উপর ধীরে ধীরে ফেলা হয়। কারণ, তাড়াতাড়ি বা অতিমাত্রায় অ্যাসিড ঢালিলে অতি দ্রুত বিক্রিয়ার ফলে বিস্ফোরণ ঘটিতে পারে। ফ্লাস্ক হইতে



রসায়নাগারে স্বাভাবিক তাপমাত্রায় ক্লোরিন প্রস্তুতি

নির্গত ক্লোরিন গ্যাস নির্গম-নলের পথে বাহির হইয়া যায় এবং ইহা লবণাক্ত জল সরাইয়া গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয়। জলে ক্লোরিন সামান্য দ্রবণীয় কিন্তু লবণাক্ত জলে কম দ্রবণীয়। এই-ভাবে সংগৃহীত ক্লোরিনে সামান্য জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে। বিক্রিয়াঃ



$$2KMnO_4 + 16HCl = 5Cl_2\uparrow + 9KCl + 2MnCl_2 + 8H_2O$$

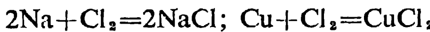
(c) **ব্লিচিং পাউডার হইতে ক্লোরিন প্রস্তুতি** (Chlorine from bleaching powder) ঃ ব্লিচিং পাউডারের [Ca(OCl) Cl] উপরে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালিয়া উল্লিখিত পদ্ধতিতে প্রয়োজনীয় সতর্কতাসহ স্বাভাবিক তাপমাত্রায় ক্লোরিন গ্যাস প্রস্তুত করা যায়। বিক্রিয়াঃ $Ca(OCl)Cl + 2HCl = Cl_2\uparrow + CaCl_2 + H_2O$

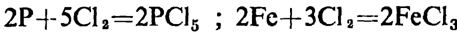
9·4. ক্লোরিনের ধর্ম (Properties of Chlorine) ঃ

(a) **ভৌত ধর্ম** (Physical properties) ঃ (i) ক্লোরিন বায়ুর চেয়ে আড়াই গুণ ভারী একটি সবুজাভ হলুদ (greenish yellow) বর্ণের ঝাঁঝালো গ্যাস, (ii) ইহা একটি বিষাক্ত গ্যাস। ক্লোরিনের শ্বাসে নাক ও গলা ফুলিয়া যায় এবং অতিরিক্ত শ্বাস গ্রহণে মৃত্যু ঘটে। (iii) জলের মধ্যে ক্লোরিন মোটামুটি দ্রবণীয়। (iv) ক্লোরিনের বাষ্প-ঘনত্ব 35·5 অর্থাৎ ইহা বায়ুর চেয়ে আড়াই গুণ ভারী।

(b) **রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical properties) ঃ (i) **ক্লোরাইড গঠন** ঃ ক্লোরিন একটি অতি সক্রিয় মৌলিক পদার্থ। অক্সিজেন কার্বন ও নাইট্রোজেন ছাড়া ধাতব বা অ-ধাতব প্রায় সমস্ত মৌলিক পদার্থের সঙ্গে ক্লোরিন সরাসরিভাবে সংযুক্ত হয় এবং এইভাবে গঠিত যৌগকে বলা হয় **ক্লোরাইড**।

(ii) **দাহক বা দহন সমর্থক** (Supporter of combustion) ঃ ক্লোরিন নিজে জ্বলে না কিন্তু অক্সিজেনের ন্যায় অন্য পদার্থকে জ্বলিতে সাহায্য করে। ক্লোরিন গ্যাসের মধ্যে পাতলা তামার পাত বা ফসফরাস বা তপ্ত সোডিয়াম বা আরসেনিক ও অ্যান্টিমনী পাউডার ছড়াইয়া দিলে আপনি জ্বলিয়া ওঠে। উত্তপ্ত অবস্থায় অন্যান্য ধাতুও ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া ধাতব ক্লোরাইড গঠন করে। বিক্রিয়া ঃ


$$2Na+Cl_2=2NaCl;\ Cu+Cl_2=CuCl_2$$

$$2P+3Cl_2=2PCl_3;\ Mg+Cl_2=MgCl_2$$

$$2P+5Cl_2=2PCl_5\ ;\ 2Fe+3Cl_2=2FeCl_3$$

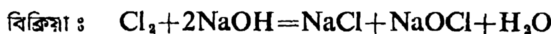
(iii) **হাইড্রোজেন আসক্তি** (Affinity for hydrogen) ঃ হাইড্রোজেনের প্রতি ক্লোরিনের আকর্ষণ খুব বেশি। ক্লোরিনের মধ্যে হাইড্রোজেন জ্বালাইয়া দিলে জ্বলিতে থাকে। অন্ধকারে ক্লোরিন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণে সাধারণত কোন বিক্রিয়া ঘটে না, কিন্তু এরূপ মিশ্রণে জ্বলন্ত পাটকাঠি ধরিলে বা সূর্যের আলোক সম্পাত করিলে বিস্ফোরণ ঘটে এবং তার ফলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠিত হয়। বিক্রিয়া ঃ $H_2+Cl_2=2HCl$

(iv) **জলের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action with water) ঃ জলের সঙ্গে ক্লোরিনের কিরূপ বিক্রিয়া ঘটিবে তাহা তাপ ও আলোকের উপর নির্ভর করে। (ক) হিমশীতল (0°C) জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় **ক্লোরিন হাইড্রেট দানা** (Chlorine hydrate crystal—$Cl_2, 6H_2O$) গঠিত হয়। এই দানা তপ্ত করিলে ক্লোরিন নির্গত হয়। (খ) সাধারণ তাপে ক্লোরিন জলে দ্রবীভূত হয় এবং জলের হরিদ্রাভ রঙ ও ঝাঁঝালো গন্ধে ক্লোরিনের পরিচয় পাওয়া যায়। ক্লোরিনের এরূপ জলীয় দ্রবণের নাম—**ক্লোরিন জল** (Chlorine water)। ইহার মধ্যে হাইড্রোক্লোরিক ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড মিশ্রিত থাকে। (গ) উজ্জ্বল সূর্যতাপে ও আলোক সম্পাতে ক্লোরিন-জল অক্সিজেন ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। বিক্রিয়াটি প্রতিমুখী (reversible) ঃ


$$2H_2O+2Cl_2\rightleftharpoons 4HCl+O_2$$

(v) **ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Reaction with alkali) ঃ ক্ষারের সঙ্গে দুইভাবে ক্লোরিনের বিক্রিয়া ঘটে। যথা,

(ক) অতিরিক্ত পরিমাপের **ঠাণ্ডা** এবং **লঘু ক্ষারের** সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় **ক্লোরাইড ও হাইপো-ক্লোরাইট** (NaOCl) লবণ গঠিত হয়।



বিক্রিয়া ঃ $Cl_2+2NaOH=NaCl+NaOCl+H_2O$

(খ) **তপ্ত ক্ষার এবং পর্যাপ্ত ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় ধাতব ক্লোরাইড ও ক্লোরেট** ($KClO_3$) যৌগ গঠিত হয়। বিক্রিয়া ঃ $3Cl_2+6KOH=5KCl+KClO_3+3H_2O$

একইভাবে ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ার প্রথম পর্যায়ে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম হাইপো-ক্লোরাইট এবং দ্বিতীয় পর্যায়ে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম ক্লোরেট তৈরী হয়।



$2Ca(OH)_2+2Cl_2=CaCl_2+Ca(OCl)_2+2H_2O;$



$6Ca(OH)_2+6Cl_2=5CaCl_2+Ca(ClO_3)_2+6H_2O.$

(vi) **ক্লোরিন একটি জারক দ্রব্য** (An oxidising agent) : ক্লোরিন **একটি** বিশেষ জারক পদার্থ। তাই, সোনা ও প্লাটিনাম ছাড়া সমস্ত ধাতুকে জারিত করিয়া **ধাতব** ক্লোরাইডে পরিণত করে।

(ক) ক্লোরিন ফেরাস বা স্ট্যানাস ক্লোরাইডকে উচ্চতর ফেরিক বা স্ট্যানিক ক্লোরাইডে পরিণত করে। [নিম্ন যোজী (-আস) যৌগকে উচ্চ যোজী (-ইক) যৌগে পরিণত করার বিক্রিয়াকে ও জারণ-ক্রিয়া (Oxidation) বলা হয়।]



$2FeCl_2$ (ফেরাস ক্লোরাইড) $+Cl_2$ $=$ $2FeCl_3$ (ফেরিক ক্লোরাইড)

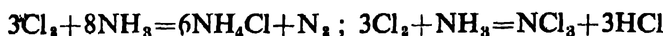


$SnCl_2$ (স্ট্যানাস ক্লোরাইড) $+Cl_2$ $=$ $SnCl_4$ (স্ট্যানিক ক্লোরাইড)

(খ) ক্লোরিন হাইড্রোজেন সালফাইডের (H_2S) হাইড্রোজেন অপসারিত ও জারিত করিয়া মৌলরূপে সালফার নির্মুক্ত করে। বিক্রিয়া : $H_2S+Cl_2=2HCl+S$

(গ) ক্লোরিন ব্রোমাইড ও আয়োডাইড যৌগ হইতে ব্রোমিন ও আয়োডিন প্রতিস্থাপিত করে। বিক্রিয়া ঃ $2KI+Cl_2=I_2+2KCl$; $2KBr+Cl_2=2KCl+Br_2$

(ঘ) ক্লোরিন অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রোজেন নির্মুক্ত করে কিন্তু অতিরিক্ত ক্লোরিন নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইড গঠন করে। বিক্রিয়া ঃ



$3Cl_2+8NH_3=6NH_4Cl+N_2$; $3Cl_2+NH_3=NCl_3+3HCl$

(vii) **ক্লোরিনের বিষাক্ত যুত-যৌগ** (Additive compound) : **ফসজিন** (phosgene) ঃ কার্বন মনক্সাইডের সঙ্গে সংযুক্ত হইয়া ক্লোরিন একরকম বিষাক্ত গ্যাস তৈরী করে। বিক্রিয়া ঃ $CO+Cl_2=COCl_2$; এই গ্যাসকে **ফসজিন গ্যাস** বলা হয়। ইহা মারাত্মক বিষ।

[ইথিলিনের (C_2H_4) সহিত বিক্রিয়ায় ক্লোরিন যুত-যৌগ **ইথিলিন-ডাইক্লোরাইড** গঠন করে। বিক্রিয়া ঃ $CH_2=CH_2+Cl_2 \rightarrow CH_2Cl.CH_2Cl.$]

(viii) **ক্লোরিনের ব্লিচিং ক্রিয়া** (Bleaching action of chlorine) **বাষ্পের সংস্পর্শে ক্লোরিন উদ্ভিজ্জ বর্ণ বিরঞ্জিত করে জায়মান অক্সিজেন সৃষ্টি করিয়া। শুষ্ক** ক্লোরিনের বিরঞ্জন ক্ষমতা নাই। এই বিরঞ্জনও ক্লোরিনের একটি জারণ ক্রিয়াবিশেষ। রঞ্জিত পদার্থ + O → বিরঞ্জিত পদার্থ।



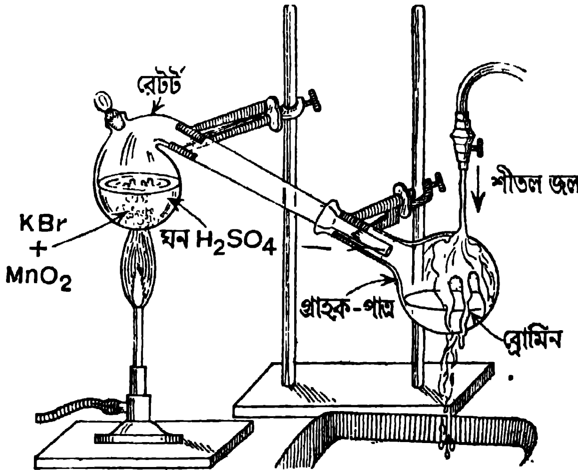
বিক্রিয়া : $Cl_2 + H_2O = HCl + HOCl = 2HCl + O$

9·5. ব্যবহার : (i) ব্লিচিং পাউডার, বা বিরঞ্জক ক্লোরোফর্ম, ব্রোমিন, বিভিন্ন ধাতুর ক্লোরেট, ক্লোরাইড ও অন্যান্য রাসায়নিক পদার্থ তৈরী করার জন্য, (ii) জলের জীবাণু নাশ করার জন্য, (iii) সোনা নিষ্কাশনের জন্য ক্লোরিন ব্যবহার করা হয়। (iv) সূতি, কাগজ ও পেট্রোলিয়াম শিল্পে বিরঞ্জকরূপে ক্লোরিন ব্যবহার করা হয়। (v) বিষাক্ত গ্যাস তৈরী করার জন্যও ইহা ব্যবহৃত হয়। [প্রথম মহাযুদ্ধে ক্লোরিন গ্যাস ও ক্লোরিনের যৌগরূপে বিভিন্ন গ্যাস প্রয়োগ করা হইয়াছে।] [ব্লিচিং পাউডার প্রস্তুতি—দ্বিতীয় খণ্ডে দ্রষ্টব্য]

ব্রোমিন (Bromine)

ব্রোমিনের প্রতীক চিহ্ন—Br ; আণবিক সংকেত—Br_2 ; পারমাণবিক গুরুত্ব—79·92.

9·6. রসায়নাগারে প্রস্তুতি (Laboratory process) : ক্লোরিনের ন্যায় একই রাসায়নিক পদ্ধতিতে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা পটাসিয়াম ব্রোমাইড (KBr) জারিত করিয়া ব্রোমিন তৈরী করা হয়। একটি রেটর্টে পটাসিয়াম **ব্রোমাইড,**



রসায়নাগারে ব্রোমিন প্রস্তুতি

কালো ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড পাউডার এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড একত্রে মিশ্রিত করিয়া তারজালের উপর রাখিয়া বুনসেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয়। বাষ্পাকারে ব্রোমিন

রেটর্টের নলের মাধ্যমে গ্রাহক-পাত্রের মধ্যে ঘনীভূত হয় এবং গাঢ় লাল তরল পদার্থে পরিণত হয়। বিক্রিয়া ঃ



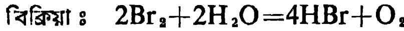
$$2KBr+MnO_2+3H_2SO_4=Br_2\uparrow+2KHSO_4+MnSO_4+2H_2O$$

রসায়নাগারে যদিও পটাসিয়াম ব্রোমাইড সাধারণত ব্যবহার করা হয়, অন্যান্য ব্রোমাইড হইতেও এই উপায়ে ব্রোমিন প্রস্তুত করা যাইতে পারে।

9·7. ব্রোমিনের ধর্ম (Properties of Bromine) ঃ

(a) **ভৌত ধর্ম** (Physical properties) ঃ (i) ব্রোমিন ঘন লাল বর্ণের একটি তরল পদার্থ। ইহা ক্লোরিন হইতে বেশী বিষাক্ত। **অ-ধাতু জাতীয় মৌলিক পদার্থের মধ্যে স্বাভাবিক অবস্থায় ব্রোমিনই একমাত্র তরল পদার্থ।** ইহা অত্যন্ত উদ্বায়ী। ইহার স্ফুটনাংক 60°C; স্বাভাবিক তাপেও ইহা লাল বর্ণের বাষ্পে পরিণত হয়।

(b) **রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical Properties) ঃ (i) **ব্রোমিন জল** (Bromine water) ঃ ইহা জলে স্বল্প পরিমাণে (20°C তাপমাত্রায় 3.6%) দ্রবীভূত হয়। ইহার জলীয় দ্রবণকে ব্রোমিন-জল বলা হয়। সূর্যালোকের সংস্পর্শে ব্রোমিন-জল হইতে অক্সিজেন ও হাইড্রো-ব্রোমিক অ্যাসিড (HBr) তৈরী হয়। এরূপ বিক্রিয়া ক্লোরিনের সঙ্গে তুলনীয়।



বিক্রিয়া ঃ $2Br_2+2H_2O=4HBr+O_2$

ক্লোরিন-জলের ন্যায় ইহাও হিম-শীতলতায় স্ফটিকাকারে **ব্রোমিন হাইড্রেট** (Bromine hydrate—$Br_2, 8H_2O$) গঠন করে।

(ii) **রাসায়নিক সক্রিয়তা** (Chemical reactivity) ঃ ব্রোমিন ক্লোরিনের চেয়ে **কম** সক্রিয় কিন্তু রাসায়নিক ধর্মে ইহাদের মধ্যে ঘনিষ্ঠ সাদৃশ্য বর্তমান। ব্রোমিন অধিকাংশ ধাতু এবং শুধুমাত্র কার্বন, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন ব্যতীত অন্য সমস্ত অ-ধাতুর সঙ্গে সরাসরি বিক্রিয়া ঘটাইয়া **ব্রোমাইড যৌগ** গঠন করে।

তরল ব্রোমিন **সাদা ফসফরাসের** সংস্পর্শে বিস্ফোরণ ঘটায় কিন্তু লাল **ফসফরাসের** সংস্পর্শে জ্বলিয়া ওঠে ও ফসফরাস ট্রাই ও পেন্টা-ব্রোমাইড (PBr_3, PBr_5) গঠন করে। পটাসিয়ামের সংস্পর্শেও ব্রোমিন বিস্ফোরণ ঘটায়, কিন্তু শীতল অবস্থায় সোডিয়ামের সঙ্গে ব্রোমিনের কোন বিক্রিয়া ঘটে না। ব্রোমিনের কয়েকটি বিক্রিয়া ঃ



$2K+Br_2=2KBr \qquad 2P+3Br_2=2PBr_3$



$Mg+Br_2=MgBr_2 \qquad 2P+5Br_2=2PBr_5$

(iii) **হাইড্রাইড** (Hydride) ঃ উত্তাপের সাহায্যে ব্রোমিন হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায় ঃ $H_2+Br_2\longrightarrow 2HBr$

(iv) **ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action with alkali) ঃ ইহা ক্লোরিনের ন্যায় ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া ব্রোমাইড ও হাইপো-ব্রোমাইড (NaOBr) ও ব্রোমেট যৌগ ($NaBrO_3$) যৌগ গঠন করে। ক্ষারের লঘু দ্রবণের সঙ্গে ক্লোরিনের ন্যায় ব্রোমিন ধাতব ব্রোমাইড ও হাইপো-

ব্রোমাইট যৌগও উত্তপ্ত অবস্থায় হাইপো-ব্রোমাইটের ($NaOBr$) পরিবর্তে ধাতব ব্রোমেট যৌগ গঠন করে। বিক্রিয়া ঃ $2NaOH+Br_2=NaBr+NaOBr+H_2O$



$6NaOH$ (উত্তপ্ত) $+3Br_2=5NaBr+NaBrO_3$ (ব্রোমেট) $+3H_2O$

(v) **মৃদু জারণ ধর্ম** (Mild oxidising property) ঃ ক্লোরিনের ন্যায় ব্রোমিনও জারক দ্রব্য (oxidising agent)। কিন্তু জারণ ধর্মে ইহা মৃদু। ইহা হাইড্রোজেন সালফাইডের হাইড্রোজেন অপসারিত করিয়া জারিত করে।

বিক্রিয়া ঃ $H_2S+Br_2=2HBr+S$ ইহা সালফার ডাই-অক্সাইডকে (SO_2) জারিত করে। বিক্রিয়া ঃ $SO_2+Br_2+2H_2O=2HBr+H_2SO_4$

(vi) **প্রতিস্থাপন ক্রিয়া** (Displacement reaction) ঃ ব্রোমিন পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন মুক্ত করে কিন্তু ক্লোরাইড বা ফ্লুরাইড হইতে ক্লোরিন বা ফ্লুরিন নির্মুক্ত করিতে পারে না। কারণ, ব্রোমিন শুধুমাত্র আয়োডিন হইতে অধিকতর সক্রিয়।

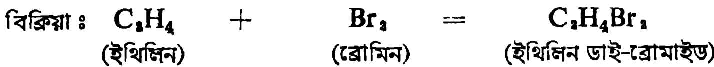


যথা ঃ $2KI+Br_2=2KBr+I_2$

(vii) **ক্ষতকারক** (Corrosive) ঃ ব্রোমিন শরীরে লাগিলে দুরারোগ্য ক্ষত সৃষ্টি করে।

(viii) **ব্লিচিং ক্ষমতা** ঃ ব্রোমিনের সামান্য বিরঞ্জন ক্ষমতা বর্তমান। ইহাতে লিটমাস বিরঞ্জিত হয় এবং স্টার্চ কাগজ হলুদ হয়।

(ix) **যুত যৌগ গঠন** ঃ ক্লোরিনের ন্যায় ব্রোমিনও অসম্পৃক্ত যৌগের সঙ্গে যুত যৌগ (additive compound) গঠন করে।



বিক্রিয়া ঃ C_2H_4 (ইথিলিন) $+$ Br_2 (ব্রোমিন) $=$ $C_2H_4Br_2$ (ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড)

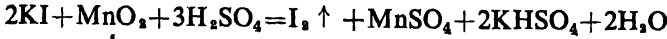
9·8. ব্যবহার (Uses) ঃ (i) ব্রোমিন রঙ ও ঔষধ তৈরী করার কাজে, (ii) জীবাণু নাশক রূপে এবং (iii) জৈব রসায়নের সংশ্লেষণ বিক্রিয়ায় ব্যবহার করা হয়। (iv) **ইথাইল পেট্রল** তৈরী করার জন্য প্রচুর পরিমাণে ব্রোমিন লাগে। মোটরের ক্ষয়ক্ষতি হ্রাস করার জন্য ইথাইল-পেট্রল ব্যবহার করা হয়। (v) ব্রোমিনের চেয়েও ব্রোমাইডের ব্যবহার বেশী। পটাসিয়াম ব্রোমাইড (KBr) ঘুমের ঔষধ এবং রঙ প্রস্তুতির জন্য দরকার হয়। (vi) পটাসিয়াম ব্রোমাইড ও সিলভার ব্রোমাইড ($AgBr$) আলোকচিত্রের (Photography) কাজে বিশেষভাবে প্রয়োজনীয়।

আয়োডিন (Iodine)

আয়োডিনের প্রতীক চিহ্ন—I, আণবিক সংকেত—I_2 এবং ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব—126·92.

9·9. রসায়নাগারে প্রস্তুতি (Laboratory process) ঃ ব্রোমিন যেরূপ যন্ত্রে প্রস্তুত হয়, সেইরূপ একটি রেটর্টে পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI) এবং ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড ও অর্ধ-ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড একত্রে উত্তপ্ত করিয়া ক্লোরিন ও ব্রোমিনের ন্যায় একই রাসায়নিক

পদ্ধতিতে পটাসিয়াম আয়োডাইড বিজারিত করিয়া আয়োডিন তৈরী করা হয়। রেটর্টের আয়োডিন বেগুনী রঙের বাষ্পের আকারে পাতিত হইয়া থাকে। শীতল গ্রাহক-পাত্রে আসিয়া উহা গাঢ় বেগুনী বর্ণের কেলাসে পরিণত হয়। বিক্রিয়া ঃ



$$2KI+MnO_2+3H_2SO_4=I_2\uparrow+MnSO_4+2KHSO_4+2H_2O$$

ঘন পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণের মধ্যে ক্লোরিন চালাইয়াও আয়োডিন প্রস্তুত করা যায়। বিক্রিয়া ঃ $2KI+Cl_2=2KCl+I_2\uparrow$

9·10. ধর্ম (Properties) ঃ (a) **ভৌত ধর্ম** ঃ আয়োডিন গাঢ় বেগুনী বর্ণের দানাদার পদার্থ। ইহা সহজেই ঊর্ধ্বপাতিত করা যায়। আয়োডিন জলে সামান্য (5000 ভাগ জলে 1 ভাগ) দ্রবণীয় কিন্তু পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে বিশেষভাবে দ্রবণীয়। আয়োডিন পটাসিয়াম আয়োডাইডকে পটাসিয়াম ট্রাই আয়োডাইডে (KI_3) পরিণত করে। বিক্রিয়া: $KI+I_2=KI_3$; ইহা কার্বন টেট্রাক্লোরাইড, কার্বন ডাই-সালফাইড এবং ক্লোরফর্ম তরলে বিশেষভাবে দ্রবণীয়। ইহার ঊর্ধ্বপাতন ধর্মের জন্য স্বাভাবিক তাপেই ইহা বেগুনী বাষ্পে পরিণত হয়। আয়োডিনের বাষ্পে ক্লোরিনের ন্যায় ঝাঁঝালো গন্ধ পাওয়া যায়। 700°C তাপমাত্রার ঊর্ধ্বে আয়োডিন অণুর তাপ-বিয়োজন ঘটে। বিক্রিয়া ঃ $I_2\rightleftharpoons 2I$

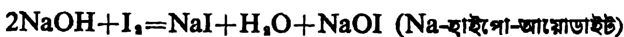
(b) **রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical Properties) ঃ (i) **রাসায়নিক সক্রিয়তা** ঃ আয়োডিন রাসায়নিক ধর্মে ক্লোরিন বা ব্রোমিনের ন্যায়; কিন্তু ইহা হ্যালোজেন সভ্যদের মধ্যে তুলনায় নিষ্ক্রিয়। তাই ফ্লুরাইড বা ব্রোমাইড যৌগ হইতে ইহা ফ্লুরিন, ক্লোরিন বা ব্রোমিন নির্মুক্ত করিতে পারে না।

(ii) **হাইড্রাইড** (Hydride) ঃ আয়োডিন স্বল্প সক্রিয় বলিয়া প্লাটিনাম অনুঘটকের সংস্পর্শে উত্তপ্ত করিলে তবেই হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়। সাধারণ তাপে সংযোগ ঘটে খুব অল্প। বিক্রিয়া ঃ $H_2+I_2\rightleftharpoons 2HI$

(iii) **ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Reaction with alkali) ঃ আয়োডিন ক্লোরিন ও ব্রোমিনের ন্যায় ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডাইড (KI) ও আয়োডেট (KIO_3) যৌগ গঠন করে।

এরূপ বিক্রিয়ায় স্বল্প উষ্ণতায় যে হাইপো-আয়োডাইড যৌগ গঠিত হয় তাহা সঙ্গে সঙ্গেই আয়োডাইড ও আয়োডেট যৌগে পরিণত হয়। অধিক তাপমাত্রায় সরাসরি আয়োডাইড ও আয়োডেট যৌগ গঠিত হয়। বিক্রিয়া ঃ

স্বল্প উষ্ণতায়,



$2NaOH+I_2=NaI+H_2O+NaOI$ (Na-হাইপো-আয়োডাইট)



$3NaOI=2NaI+NaIO_3$ (Na-আয়োডেট)

অধিক উষ্ণতায়, $6NaOH+3I_2=5NaI+NaIO_3+3H_2O$.

(iv) **মৃদু জারণ ধর্ম** (Mild oxidising property) ঃ আয়োডিন একটি মৃদু জারকদ্রব্য। ইহার বিরঞ্জন ক্ষমতা নাই। আয়োডিন মিশ্রিত জলে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন

ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের ক্রমান্বয়িক তুলনা

ধর্ম	ক্লোরিন (Cl)	ব্রোমিন (Br)	আয়োডিন (I)
1. পারমাণবিক গুরুত্ব	35·5	80	127
2. অবস্থা, বর্ণ, গন্ধ	ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত হরিদ্রাভ সবুজ গ্যাস।	ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত গাঢ় লাল বর্ণের তরল পদার্থ।	ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত গাঢ় বেগুনী বর্ণের কঠিন পদার্থ।
3. স্ফুটনাংক	—34°C	5°9C	184°C
4. দ্রবণীয়তা	জলে মোটামুটি দ্রবণীয়।	জলে ক্লোরিনের চেয়ে কম দ্রবণীয়।	জলে সামান্য দ্রবণীয়।
5. আপেক্ষিক গুরুত্ব	বায়ুর চেয়ে $2\frac{1}{2}$ গুণ ভারী; (তরল অবস্থায়) আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·5	আপেক্ষিক গুরুত্ব 3.19	আপেক্ষিক গুরুত্ব 4·9
6. হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া	সূর্যালোকে H_2-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় HCl গঠন করে।	উত্তপ্ত করিলে H_2-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়া HBr গঠন করে।	অনুঘটকের সংস্পর্শে উত্তপ্ত করিলে তবে H_2-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়া HI গঠন করে।
7. জলের সহিত বিক্রিয়া	সূর্যালোকে জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় HCl এবং O_2 গঠন করে।	দীর্ঘ সময় সূর্যালোকে রাখিলে ধীরে ধীরে জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় HBr ও O_2 গঠন করে।	জলের সঙ্গে কোন বিক্রিয়া ঘটে না।

ধর্ম	ক্লোরিন (Cl)	ব্রোমিন (Br)	আয়োডিন (I)
8. ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া	অধিকাংশ ধাতু ইহার মধ্যে জ্বলিয়া ওঠে এবং ক্লোরাইড যৌগ গঠন করে। (KCl, $MgCl_2$)	প্রায় সমস্ত ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায় (KBr, $MgBr_2$) কিন্তু মাত্র কয়েকটি ধাতু ইহার মধ্যে জ্বলিয়া উঠে।	প্রায় সমস্ত ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায় কিন্তু ইহার মধ্যে প্রজ্বলিত হয় না। (KI, AgI, PbI_2)
9. বিরঞ্জন ক্ষমতা	জৈব পদার্থের বর্ণ সহজেই বিরঞ্জিত করে। জারক দ্রব্য।	ক্লোরিনের চেয়ে অনেক ধীরে ধীরে জৈব পদার্থের বর্ণ বিরঞ্জিত করে। জারক দ্রব।	কোন বিরঞ্জন ক্ষমতা নাই। সামান্য জারণ ক্ষমতা বর্তমান।
10. ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া	ক্লোরাইড, হাইপোক্লোরাইট এবং ক্লোরেট যৌগ গঠন করে।	ব্রোমাইড, হাইপোব্রোমাইট ও ব্রোমেট গঠন করে।	আয়োডাইড হাইপোআয়োডাইড ও আয়োডেট গঠন করে।
11. সক্রিয়তা	ব্রোমাইড ও আয়োডাইড যৌগ হইতে Br_2 I_2 নির্মুক্ত করে।	Cl-এর চেয়ে কম সক্রিয়, আয়োডাইড যৌগ হইতে I_2 নির্মুক্ত করে।	সবচেয়ে কম সক্রিয়, ফ্লুরাইড, ক্লোরাইড বা ব্রোমাইড যৌগ হইতে Cl_2, Br_2 নির্মুক্ত করিতে পারে না।

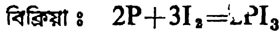
দ্রষ্টব্য : বিক্রিয়া আগেই বর্ণনা করা হইয়াছে।

(H_2S) চালাইলে সালফার S অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং সালফার ডাই-অক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। বিক্রিয়া ঃ



$$H_2S+I_2=2HI+S\ ;\ I_2+SO_2+2H_2O=2HI+H_2SO_4$$

(v) **ফসফরাসের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Reaction with phosphorus) ঃ সাদা ফসফরাসের চূর্ণ আয়োডিনের সংস্পর্শে আপনি তীব্রভাবে জ্বলিয়া ওঠে ও বেগুনী রঙের ধোঁয়া ছাড়ায় এবং ফসফরাস আয়োডাইড যৌগ গঠিত হয়।



বিক্রিয়া ঃ $2P+3I_2=2PI_3$

(vi) **স্টার্চের বিক্রিয়া** (Action of starch) ঃ আয়োডিন স্টার্চ দ্রবণকে নীলবর্ণে পরিণত করে। এই বর্ণ উত্তাপে ফিকে হইয়া যায়। শীতল হইলে আবার নীল হয়।

9·11. ব্যবহার (Uses) ঃ (i) আয়োডিন একটি অতি তেজী জীবাণু-নাশক রাসায়নিক পদার্থ। যে **'টিঞ্চার আয়োডিন'** আমরা কাটা ঘা ও ক্ষতে ব্যবহার করি তাহা আয়োডিন, পটাসিয়াম আয়োডাইড এবং স্পিরিট বা অ্যালকোহলের সম পরিমাণে মিশ্রিত দ্রবণ। জীব-দেহের থাইরয়েড গ্ল্যাণ্ড হইতে আয়োডিন ক্ষরিত হয়। (ii) আমাদের রক্তে জীবাণু ঢুকিলে থাইরয়েড গ্ল্যাণ্ড হইতে আয়োডিন ক্ষরিত হইয়া দেহের জীবাণু নাশ করিয়া দেয়। আমাদের খাদ্যের সঙ্গে কিছু আয়োডিন প্রয়োজন। অনেক সময় আয়োডিন প্রয়োগে রুগ্ন শিশুদের স্বাস্থ্যোন্নতি হয়, মুরগী বেশী ডিম দেয় এবং গরু বেশী দুধ দেয়। (iii) আয়োডিন তাই নানারকম ঔষধ তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়। (iv) জীবাণুনাশক দ্রব্যরূপে, (v) রঞ্জন শিল্পে, (vi) আয়োডোফর্ম তৈরী করার জন্য এবং আয়োডাইড প্রস্তুতির উপাদানরূপেও প্রচুর পরিমাণে আয়োডিন ব্যবহৃত হয়। (vii) আয়োডিনের যৌগের মধ্যে পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI) ঔষধ তৈরী করার জন্য এবং পটাসিয়াম ও সিলভার আয়োডাইড (AgI) ফটোগ্রাফীর জন্য ব্যবহার করা হয়।

প্রশ্ন

1. ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে ক্লোরিন প্রস্তুত সংক্ষেপে বর্ণনা কর। ক্লোরিনের প্রধান প্রধান ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বিবৃত কর।

2. রসায়নাগারে সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে কি প্রকারে ক্লোরিন প্রস্তুত করা হয়? ক্লোরিন গ্যাসটি কি প্রকারে সংগ্রহ করা হয়? কি শর্তে এবং কি ভাবে ক্লোরিনের সহিত—(a) অ্যামো-নিয়া; (b) পটাসিয়াম; ব্রোমাইড (c) আর্দ্র চুন; এবং (*e*) লোহার বিক্রিয়া ঘটে? বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও।

3. সমীকরণসহ ক্লোরিনের রসায়নাগারে প্রস্তুতি বর্ণনা কর। (a) উত্তপ্ত ফসফরাস; (b) কস্টিক সোডার শীতল এবং লঘু দ্রবণ; (c) পটাসিয়াম ব্রোমাইড দ্রবণ, (d) CO গ্যাস প্রভৃতির সহিত ক্লোরিন কিরূপে বিক্রিয়া ঘটায় উহার বর্ণনা কর।

4. সোডিয়াম, তামা এবং লোহা—এই সকল ধাতুর সহিত ক্লোরিন কি প্রকারে বিক্রিয়া ঘটায় সমীকরণসহ লিখ।

কি উপায়ে উল্লিখিত ধাতুগুলির উৎপন্ন যৌগিক পদার্থকে পুনরায় ধাতুতে পরিণত করিবে?

5. কি প্রকারে এবং কি শর্তে ক্লোরিন—(a) অ্যালুমিনিয়াম; (b) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড; (c) অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড; (d) কার্বন মনক্সাইড; এবং (e) জল—প্রভৃতির সহিত বিক্রিয়া ঘটায়? সমীকরণ দাও।

6. ক্লোরিন একটি জারক পদার্থ, ইহা কিরূপে প্রমাণ করিবে? ইহার বিরঞ্জন ধর্মের ব্যবহার বর্ণনা কর।

7. রসায়নাগারে কি প্রকারে শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস তৈয়ারী করা হয়?

8. রসায়নাগারে ব্রোমিন প্রস্তুতির একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার সমীকরণ দাও। ইহার চারটি ধর্ম বিবৃত কর এবং ইহাদের সহিত ক্লোরিনের এবং আয়োডিনের অনুরূপ ধর্মের তুলনা কর।

9. আয়োডিনের প্রধান উৎস কি কি? ঐ সকল উৎস হইতে কি প্রকারে আয়োডিন পাওয়া যায়? উহার বিক্রিয়ার উল্লেখ কর। (a) নাইট্রিক অ্যাসিড, (b) হাইড্রোজেন সালফাইড, (c) পটাসিয়াম আয়োডাইড, (d) কস্টিক সোডা এবং (e) লোহার টুকরা—ইত্যাদির উপর আয়োডিনের ক্রিয়ার ব্যাখ্যাসহ বর্ণনা কর।

———

10 কয়েকটি বিশিষ্ট অক্সাইড যৌগ

(Some Important Oxides)

10·1. কার্বন, সিলিকন ও সালফারের অক্সাইড : কার্বন (C), সিলিকন (Si) ও সালফারের (S) অক্সাইডের মধ্যে সাদৃশ্য বর্তমান। ইহাদের প্রধান অক্সাইডের আণবিক গঠন সমরূপ—কার্বন ডাই-অক্সাইড : CO_2, সিলিকন ডাই-অক্সাইড : SiO_2 এবং সালফার ডাই-অক্সাইড : SO_2। বায়ুর মধ্যে উত্তপ্ত করিলে এই অধাতব মৌলগুলি অক্সাইডে পরিণত হয়। বিক্রিয়া : $C+O_2=CO_2$; $Si+O_2=SiO_2$; $S+O_2=SO_2$. এই অধাতব যৌগত্রয় অ্যাসিড ধর্মী বলিয়া জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিড গঠন করে। বিক্রিয়া : $CO_2+H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$; $SiO_2+H_2O \rightleftharpoons H_2SiO_3$; $SO_2+H_2O \rightleftharpoons H_2SO_3$;

কার্বনিক ও সালফিউরিয়াস অ্যাসিডদ্বয় অস্থায়ী এবং মৃদুভাবে সক্রিয়। ইহাদের উত্তপ্ত করিলে অক্সাইড ও জল পুনর্গঠিত হয়। কিন্তু সিলিকনের অ্যাসিড (H_2SiO_3) অনেকাংশে স্থায়ী; কার্বনিক ও সালফিউরাস অ্যাসিড জলীয় দ্রবণ হইতে পৃথক করা যায় না। কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইড স্বাভাবিক অবস্থায় গ্যাসীয় কিন্তু সিলিকন ডাই-অক্সাইড কঠিনাকার। ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইহারা **কার্বনেট, সিলিকেট ও সালফাইট** যৌগ গঠন করে। বিক্রিয়া : $CO_2+2NaOH=Na_2CO_3+H_2O$; $SiO_2+2NaOH=Na_2SiO_3+H_2O$; $SO_2+2NaOH=Na_2SO_3+H_2O$. এরূপ যৌগগুলি স্থায়ী লবণ গঠন করে। কার্বন ও সিলিকন পিরিয়ডিক টেবিলে সম-গোষ্ঠিতে অবস্থিত, কিন্তু সালফারের গোষ্ঠি পরিচিতি ভিন্ন। [দ্বিতীয় খণ্ডে পিরিয়ডিক টেবিলের গঠনের পরে সহজবোধ্য হইবে।]

কার্বন, কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) ও কার্বন মনক্সাইড (CO) ; সিলিকন, সিলিকন ডাই-অক্সাইড (SiO_2) এবং সালফার, সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) ও সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3) নামের অক্সাইড গঠন করে।

✓ কার্বন ডাই-অক্সাইড (Carbon dioxide)

10·2. পরিচয় : কাঠ ও অন্যান্য জৈব পদার্থ পোড়াইয়া 1630 খৃষ্টাব্দে এই গ্যাসটি প্রথম আবিষ্কার করেন বিজ্ঞানী **ভন হেলমেন্ট** (Von Helmont)। জলে এই গ্যাসটি দ্রবীভূত হয় বলিয়া **বিজ্ঞানী ব্ল্যাক** (Black) গ্যাসটির নাম দেন **স্থির বায়ু** (fixed air) এবং জলে কার্বন ডাই-অক্সাইড দ্রবীভূত করিয়া তিনি সোডা ওয়াটার তৈরী করার উপায় উদ্ভাবন করেন। বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার সর্বপ্রথম প্রমাণ করেন যে, এই গ্যাসটি কার্বনের একটি অক্সাইড। এই গ্যাসটির মধ্যে অ্যাসিডের লক্ষণ দেখা যায় বলিয়া তিনি উহার নাম দেন—**কার্বনিক অ্যাসিড গ্যাস**। কিন্তু এই গ্যাসটি সাধারণত **কার্বন ডাই-অক্সাইড** নামে পরিচিত। ইহার সংকেত—CO_2, আণবিক ওজন—44, বাষ্প ঘনত্ব—22.

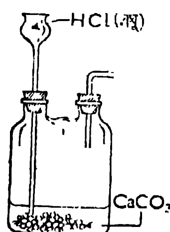
প্রাকৃতিক প্রাপ্তি (Natural sources) : বায়ুতে প্রচুর পরিমাণে মুক্ত কার্বন ডাই-

অক্সাইড বর্তমান। আয়তন হিসাবে বায়ুর 10,000 ভাগের মধ্যে তিনভাগ থাকে কার্বন ডাই-অক্সাইড। জীবজন্তু নিঃশ্বাসের সঙ্গে কার্বন ডাই-অক্সাইড ত্যাগ করে। অনেক খনিজ-জলে দ্রবীভূত অবস্থায় এই গ্যাসটি পাওয়া যায়। চিনি, সুরা ইত্যাদি গাজাইলেও এই গ্যাসটি তৈরী হয়। চুনাপাথর, মার্বেল, চক জাতীয় ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) পোড়াইলে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়।

10·3. কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি (Preparation of carbon dioxide) ঃ কাঠ, কয়লা, তেল, পেট্রল, মোম, খড়, পাটকাঠি, গাছ-পাতা, কাগজ ইত্যাদি যে-কোন জৈব (organic) বা উদ্ভিজ্জাত পদার্থ পোড়াইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী করা যায়।
বিক্রিয়া ঃ $C+O_2=CO_2$

রসায়নাগারের পদ্ধতি (Laboratory process) ঃ চুনা-পাথর (lime stone), মার্বেল, চক ইত্যাদি পদার্থগুলি মূলত **ক্যালসিয়াম কার্বনেট** ($CaCO_3$) তথা কার্বনিক অ্যাসিডের (H_2CO_3) লবণ। তাই মার্বেল-পাথর, চুনা পাথর বা চকের সঙ্গে যে কোন অজৈব (inorganic) অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়।

(i) **সাধারণ প্রস্তুতি** (Preparation) ঃ একটি উলফ্ বোতলের মুখ দুইটিতে যথাক্রমে একটি দীর্ঘ নল ফানেল ও একটি নির্গম নল ফিট কর। দীর্ঘ নল ফানেলের (thistle funnel) নলটি যেন বোতলের প্রায় তলা পর্যন্ত প্রবেশ করে। বোতলে কিছু জল ও **মার্বেল পাথরের কুচি** লও এবং ফানেলের মাধ্যমে **লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড** (dil. HCl) ঢাল। অ্যাসিড ও মার্বেলের বিক্রিয়ায় **বিনা উত্তাপে** ভুর ভুর করিয়া গ্যাস নির্গত হইবে। কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ু হইতে দেড়গুণ ভারী বলিয়া গ্যাসজারের বায়ুর উর্ধ্বভ্রংশের উপায়ে (upward displacement) এই গ্যাস সংগ্রহ করা হয়। বিক্রিয়া ঃ



কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি


$$CaCO_3 + 2HCl = CO_2 + H_2O+CaCl_2$$

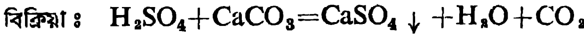
কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস জলে ধৌত করিয়া (গ্যাসীয় HCl অপসারণ করার জন্য) সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া পরিচালিত করিয়া শুষ্ক অবস্থায় পারদের উপর সংগ্রহ করা যাইতে পারে। বিশুদ্ধ সোডিয়াম বাই-কার্বনেট উত্তপ্ত করিলে **বিশুদ্ধ কার্বন ডাই-অক্সাইড** উৎপন্ন হয়। $2NaHCO_3 \rightleftharpoons Na_2CO_3+H_2O+CO_2$

(ii) **কীপ-যন্ত্রে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি** (Preparation of carbon dioxide in Kipp's apparatus) ঃ প্রয়োজন অনুযায়ী সঙ্গে সঙ্গেই ব্যবহার করার সুযোগ রাখার জন্য ল্যাবরেটরীর কাজে কীপ-যন্ত্রের সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী করা হয়। [হাইড্রোজেন অধ্যায়ে (পৃঃ 264) কীপ-যন্ত্রের বিবরণ ও চিত্র দেখ।]

কীপ-যন্ত্রের মধ্যম গোলকে মার্বেল কুচি ($CaCO_3$) ভরা থাকে এবং তৃতীয় গোলকে

থাকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড। তৃতীয় গোলক হইতে মধ্যম গোলকে অ্যাসিড উত্থিত হইলে অ্যাসিডের সঙ্গে মার্বেলের বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং নির্গম-নলের পথে তাহা বাহির হইয়া যায়। নির্গম-নলের মুখ বন্ধ করিয়া দিলে মধ্যম গোলকে সদ্য উৎপন্ন গ্যাসের চাপ সৃষ্টি হয় এবং তাহার ফলে মধ্যম গোলক হইতে অ্যাসিড তৃতীয় গোলকে নামিয়া যায় এবং কার্বন-অক্সাইড উৎপাদন বন্ধ হইয়া যায়। কীপ-যন্ত্রে মার্বেল ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ভরা থাকিলে মধ্যম গোলকের নির্গম নল খুলিয়া প্রয়োজন মত কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস তৈরী করা যায় এবং অপ্রয়োজনে নির্গম-নল বন্ধ করিয়া গ্যাস উৎপাদন সঙ্গে সঙ্গেই বন্ধ করা যায়। এইভাবে গ্যাস উৎপাদনের জন্য কীপ-যন্ত্র সদা প্রস্তুত রাখা যায়।

কেন সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না ঃ সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়াও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস তৈরী করা যায়। কিন্তু মার্বেলের সঙ্গে ইহার বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম সালফেট ($CaSO_4$) নামে যে লবণ তৈরী হয় তাহা প্রায় অদ্রবণীয়। তৈরী হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে মার্বেলের উপরে কঠিন আস্তরণ-রূপে ক্যালসিয়াম সালফেট জমিতে থাকে বলিয়া প্রথম পর্যায়ের বিক্রিয়ার পরে সালফিউরিক অ্যাসিড ও মার্বেলের সংযোগের অভাব ঘটে এবং গ্যাস উৎপাদনের বিক্রিয়াটি বন্ধ হইয়া যায়।

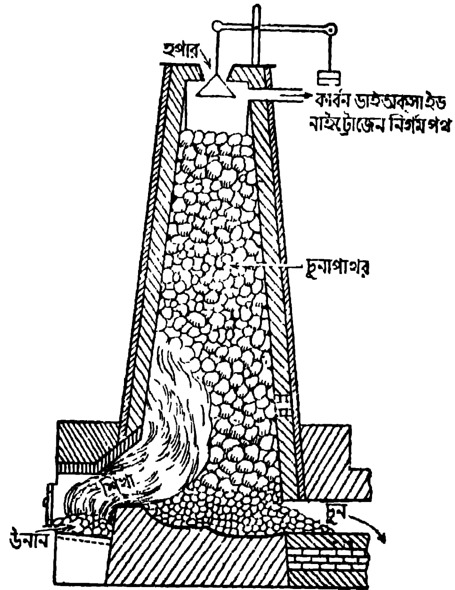


বিক্রিয়া ঃ $H_2SO_4 + CaCO_3 = CaSO_4 \downarrow + H_2O + CO_2$

কার্বন ডাই-অক্সাইড ও পোড়া চুনের বৃহদায়তন উৎপাদন (Large scale or Industrial production of carbon dioxide and lime) ঃ চুনাপাথর, মার্বেল বা চক জাতীয় **ক্যালসিয়াম কার্বনেট** যৌগ উচ্চতাপমাত্রায় (প্রায় 1000°C) উত্তপ্ত করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও ক্যালসিয়াম অক্সাইড তথা পোড়া চুন তৈরী হয়। বিক্রিয়া ঃ



$CaCO_3 = CaO + CO_2 \uparrow$



কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী করার ভাঁটি

পোড়া চুন তৈরী করার সময়ে চুনা-ভাটিতে (Kiln) কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। আধুনিক পন্থায় ইটে-গাঁথা চুনা-ভাটি তৈরী করা হয়। ভাটির উপরের অংশে এক পাশে বা দুই পাশেই থাকে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গমের একটি বা দুইটি নির্গমদ্বার এবং মাথায় থাকে চুনাপাথর মার্বেল ইত্যাদির প্রবেশ বা সংভরণ দ্বার

(hopper)। ভাটির ভিতর দিকে একপাশে থাকে আগুন জ্বালাইবার চুল্লী এবং অপর পাশে থাকে পোড়া চুন সরাইয়া সংগ্রহ করার নির্গমদ্বার। উপর হইতে চুনা-পাথর ঢালিয়া প্রথমে ভাটিটি ভর্তি করা হয় এবং তলার দিকে এক পাশে অবস্থিত চুল্লীতে আগুন জ্বালাইয়া তপ্ত গ্যাসের সাহায্যে চুনা-পাথর উত্তপ্ত করা হয়। উত্তাপের প্রভাবে চুনা পাথর ভাঙ্গিয়া যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস তৈরী হয় তাহা ভাটির মাথার দিকের দুই পাশের নির্গমদ্বার দিয়া বাহির হইয়া যায় এবং পোড়া-চুন নীচের দিকে তলাইয়া পড়ে ও নির্গমদ্বার দিয়া তাহা বাহির করিয়া আনা হয়। এইভাবে ভাটিতে ক্রমাগত চুনা-পাথর পোড়াইয়া অবিচ্ছিন্নভাবে বৃহদায়তনে তথা শিল্প পদ্ধতিতে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও পোড়া চুন (lime) উৎপাদন করা সম্ভব।

10·4. কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্ম ঃ

(a) **ভৌত ধর্ম ঃ** (i) কার্বন ডাই-অক্সাইড বর্ণহীন গ্যাস কিন্তু এই গ্যাসের মধ্যে একটি হাল্‌কা অম্ল স্বাদ পাওয়া যায়। (ii) কার্বন ডাই-অক্সাইডে শ্বাস গ্রহণ করা যায় না, আগুন জ্বালান যায় না। তাই কোন শুষ্ক কূপে বা পরিত্যক্ত খনি বা খাদে যদি জ্বলন্ত দীপশিখা নিভিয়া যায় তবে বুঝিতে হইবে যে কূপের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড জমিয়া আছে এবং কূপে নামা বিপদ্‌জনক। (iii) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বায়ুর চেয়ে দেড়গুণ ভারী।

(iv) কার্বন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবণীয়। স্বাভাবিক চাপে সম আয়তন জলে প্রায় সম-আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্রবীভূত হয়। N.T.P.-তে 1 ml. জলে 1·7 ml. গ্যাস দ্রবীভূত হয়। কিন্তু চাপ বাড়িলে গ্যাসের দ্রবণীয়তা বৃদ্ধি পায়। উত্তাপ বা চাপ হ্রাস করিলে জলে দ্রবীভূত গ্যাস আবার নির্গত হইয়া যায়।

সোডা ওয়াটার এবং **লিমোনেড** (Soda water and lemonade) ঃ সোডা ওয়াটার কার্বন ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ। বোতলের মুখবন্ধ অবস্থায় বর্ধিত চাপের ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড বেশী পরিমাণে জলে দ্রবীভূত থাকে। কিন্তু বোতলের মুখ খুলিয়া দিলে চাপ হ্রাস পায় এবং তার ফলে জলীয় দ্রবণ হইতে ভুর ভুর করিয়া গ্যাস নির্গত হইতে আরম্ভ করে। লিমোনেডে কার্বন ডাই-অক্সাইড ছাড়া চিনিও মিশ্রিত থাকে।

(v) চাপ ও শীতলতায় কার্বন ডাই-অক্সাইডকে তরল—এমন কি কঠিন পদার্থেও পরিণত করা যায়। এরূপ কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডকে **শুষ্ক বরফ** (dry ice) বলা হয়। তরল কার্বন ডাই-অক্সাইড ইস্পাতের সিলিণ্ডারে ভরিয়া বাণিজ্যিক (commercial) কাজে ব্যবহার করা যায়। শুষ্ক বরফের সঙ্গে ইথার মিশ্রিত করিয়া তাপমাত্রা $-100°C$ পর্যন্ত নামানো যায়।

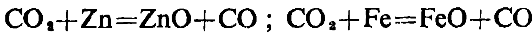
(b) **রাসায়নিক ধর্ম ঃ** (i) **দহনশীলতা ঃ** কার্বন ডাই-অক্সাইড দাহ্য (combustible) বা দাহক (supporter of combustion) পদার্থ নয়। তাই আগুনের সংস্পর্শে ইহা নিজেও জ্বলে না, অন্য বস্তুকেও জ্বলিতে সাহায্য করে না। এইজন্য ছোটখাট অগ্নিকাণ্ড নিভাইতে প্রায়ই কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ব্যবহৃত হয়। অতি উচ্চ তাপমাত্রায় (2500°C) ইহা কার্বন মনক্সাইডে পরিণত হয়। বিক্রিয়া ঃ $2CO_2 = 2CO + O_2$

(ii) **ধাতুর ক্রিয়া** (Reaction of metals) ঃ উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম কার্বন ডাই-

অক্সাইডের মধ্যে দগ্ধ করা যায়। কারণ, উত্তপ্ত ধাতুর সংস্পর্শে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসটি ভাঙ্গিয়া প্রথমে কার্বন ও অক্সিজেনে পরিণত হয় এবং পরে সেই অক্সিজেনের মধ্যে ধাতু দগ্ধ হয়। এরূপ পরীক্ষার পরে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাইলে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড দ্রবীভূত হইয়া ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড গঠন করে এবং কালো কার্বন কণা তরলের উপরে ভাসিতে থাকে। **এই পরীক্ষায় প্রমাণিত হয় যে, কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন আছে।** বিক্রিয়া ঃ $2Mg+CO_2=C+2MgO$; $C+2MgO+4HCl=C+2MgCl_2+2H_2O$

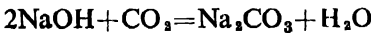
(iii) **অ্যাসিড-ধর্মী অক্সাইড** (acidic oxide) ঃ অ্যাসিড ধর্মী কার্বন ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণে অ্যাসিডের ধর্ম প্রকাশ পায়। কিন্তু এই অ্যাসিড খুব দুর্বল ও অস্থায়ী। কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে কার্বনিক **অ্যানহাইড্রাইডও** (carbonic anhydride) বলা হয়। এই অ্যাসিডকে বলা হয় **কার্বনিক অ্যাসিড** (carbonic acid)। উত্তাপে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হইয়া যায়। ইহা গঠিত হয় এইভাবে ঃ $H_2CO_3=H_2O+CO_2\uparrow$.

(iv) **কার্বন ডাই-অক্সাইড বিজারণ** (Reduction of carbon dioxide) ঃ তপ্ত কার্বন, আয়রন, জিংক ইত্যাদি দ্বারা কার্বন ডাই-অক্সাইড কার্বন মনক্সাইডে বিজারিত করা যায়। বিক্রিয়া ঃ $CO_2+C=2CO$;



$$CO_2+Zn=ZnO+CO\ ;\ CO_2+Fe=FeO+CO$$

(v) **ক্ষারের বিক্রিয়া** (Action of alkali) ঃ কস্টিক সোডা (NaOH) ও কস্টিক পটাস (KOH) ক্ষার প্রচুর পরিমাণে অ্যাসিডধর্মী কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস শোষণ করিয়া সোডিয়াম বা পটাসিয়াম কার্বনেট লবণ ও জল গঠন করে। বিক্রিয়া ঃ



$$2NaOH+CO_2=Na_2CO_3+H_2O$$

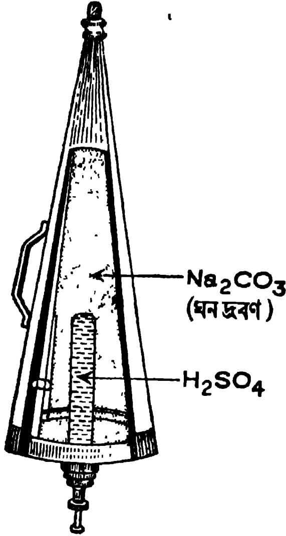
ইহা চুনজলকেও অনুরূপভাবে ঘোলা করিয়া দেয়। $CO_2+Ca(OH)_2=CaCO_3\downarrow+H_2O$। অতিরিক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড বাই-কার্বনেট গঠন করে। $CaCO_3+CO_2+H_2O=Ca(HCO_3)_2$ (দ্রাব্য)

10·5. কার্বন ডাই-অক্সাইডের ব্যবহার ঃ (i) সলভে পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতির জন্য, (ii) সোডা ওয়াটার ও লিমোনেড তৈরী করার জন্য, (iii) হিমকারক (refrigerant) হিসাবে, (iv) অগ্নি নির্বাপকরূপে ও (v) বেকিং পাউডার প্রস্তুতির জন্য কার্বন ডাই-অক্সাইড ব্যবহৃত হয়।

শুষ্ক বরফ (Dry ice) ঃ শূন্য ডিগ্রী (0°C) তাপমাত্রায় এবং চল্লিশ বায়ুচাপে (40 atmospheric pressure) কার্বন ডাই-অক্সাইডকে তরল করা যায়। লোহার সিলিণ্ডারে এই তরল গ্যাস ভরিয়া রাখা হয়। সিলিণ্ডারের মুখে একটি ফ্লানেলের ব্যাগ বাঁধিয়া ব্যাগের মধ্যে যদি তরল কার্বন ডাই-অক্সাইডকে বাষ্পায়িত করিতে দেওয়া যায় তবে তরল কার্বন ডাই-অক্সাইড তুষারের আকারে ব্যাগের মধ্যে জমিয়া ওঠে। এরূপ জমানো ডাই-অক্সাইডকে বলা হয় **শুষ্ক বরফ**।

অগ্নি নির্বাপক (Fire extinguisher) ঃ বিভিন্ন কল-কারখানা, সরকারী ভবন,

সিনেমা হল, রসায়নাগার ইত্যাদি স্থানে অগ্নি নির্বাপক যন্ত্র ঝুলাইয়া রাখা হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের মধ্যে আগুন জ্বলে না, তাই কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ছড়াইয়া আগুন নিভানো যায়। অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্রে দ্রুত গতিতে কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী করার ব্যবস্থা থাকে।



অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্র

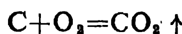
অগ্নি নির্বাপক যন্ত্রটি একটি ধাতু-নির্মিত গোলাকার বা কোণাকার সিলিণ্ডার। এই সিলিণ্ডারের মধ্যে ভরা থাকে সোডিয়াম কার্বনেট বা সোডার দ্রবণ (Na_2CO_3) এবং এই দ্রবণের মাঝখানে সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) পূর্ণ আর একটি কাচের বোতল ঝুলানো থাকে। যন্ত্রের মুখে লাগানো থাকে একটি ধাতুর হাতল। হাতলে চাপ দিলেই কাচের বোতল ভাঙ্গিয়া যায় এবং বোতলের অ্যাসিড সিলিণ্ডারভরা সোডার মধ্যে মিশিয়া যায়। ইহার ফলে সঙ্গে সঙ্গেই তৈরী হয় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস। এই গ্যাস সিলিণ্ডারের মুখে লাগানো নলাকার সরু মুখ দিয়া তীব্র বেগে নির্গত হইতে আরম্ভ করে। সিলিণ্ডারের গ্যাস-নির্গমের মুখটি প্রয়োজনমত এদিক-সেদিক ঘুরাইয়া আগুনের দিকে ধরিতে হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের মধ্যে আগুন জ্বলিতে পারে না বলিয়া এই গ্যাসের পরিমণ্ডলে আগুন নিভিয়া যায়।

কার্বন মনক্সাইড (Carbon monoxide)

10·6. পরিচয়ঃ জ্বলন্ত উনানে বা বুনসেন দীপে অনেক সময় নীলাভ শিখা দেখা যায়। হাইড্রোজেন গ্যাসও জ্বলিবার সময় এরূপ নীল আভা সৃষ্টি করে। 1880 খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী ক্রাইকশ্যাংক প্রমাণ করেন যে, ইহা কার্বন মনক্সাইড।

ইহার সংকেত—CO, এবং আণবিক ওজন=28 ; বাষ্পঘনত্ব=14 ; এই যৌগে কার্বনের (অসম্পৃক্ত যোজ্যতা) 2 ; যথাঃ $=C=O$.

প্রাকৃতিক প্রাপ্তিঃ কার্বন মনক্সাইড মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে খুব কম পাওয়া যায়। কার্বনজাতীয় পদার্থের দহন ক্রিয়ায় যেখানে পর্যাপ্ত বায়ুর অভাব ঘটে সেখানেই কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিবর্তে কার্বন মনক্সাইড তৈরী হয়। যথাঃ (i) সাধারণতঃ



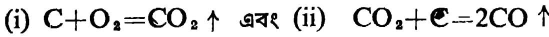
$$C+O_2=CO_2\uparrow$$

(ii) কিন্তু পর্যাপ্ত বায়ুর অভাবেঃ $2C+O_2=2CO\uparrow$

10·7. সাধারণ প্রস্তুতিঃ 1. কার্বন হইতে (From carbon)ঃ অতিতপ্ত কোক (red hot coke) বা অঙ্গারের (C) উপরে জলীয় বাষ্প চালনা করিলে বাষ্পের সঙ্গে কার্বনের বিক্রিয়ায় কার্বন মনক্সাইড ও হাইড্রোজেন তৈরী হয়। কার্বন মনক্সাইড ও হাইড্রোজেন উভয়

গ্যাসই দহনশীল। তাই, এই মিশ্র গ্যাসটি **জ্বালানী** গ্যাস, **ওয়াটার গ্যাস** বা **উদক গ্যাস** (water gas) নামে পরিচিত। বিক্রিয়া : $C+H_2O=CO+H_2$

2. **কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে** (From carbon dioxide) : অতি তপ্ত অঙ্গারের উপরে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড বিজারিত হইয়া কার্বন মনক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। অঙ্গার একটি উৎকৃষ্ট বিজারক পদার্থ। তাই যে কোক বা অঙ্গার (C) পোড়াইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী করা হয়, সেই গ্যাস আবার অতি তপ্ত অঙ্গারের উপরে চালনা করিলে কার্বন মনক্সাইড তৈরী হয়। বিক্রিয়া :

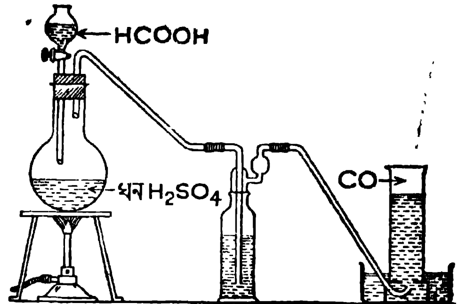


(i) $C+O_2=CO_2\uparrow$ এবং (ii) $CO_2+C=2CO\uparrow$

রসায়নাগারের পদ্ধতি (Laboratory process) :

(i) ফরমিক অ্যাসিড একটি জৈব অ্যাসিড। ইহার সংকেত—HCOOH. সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে স্বল্প উষ্ণতায় বিক্রিয়া ঘটাইলে সালফিউরিক অ্যাসিড ফরমিক অ্যাসিডের অণু হইতে জল শোষণ করিয়া লয় এবং তার ফলে উৎপন্ন হয় কার্বন মনক্সাইড গ্যাস। বিক্রিয়াটি ঘটে এইভাবে : $HCOOH+H_2SO_4=CO\uparrow+[H_2O+H_2SO_4]$

প্রস্তুতি : (i) একটি ফ্লাস্কে কিছু ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া তাহার মুখে ছিপির ভিতর দিয়া একটি বিন্দুপাতী ফানেল (dropping funnel) এবং নির্গম নল ফিট করিতে হয়। নির্গম নলটি জল ভরা দ্রোণীতে রাখিয়া উহার মুখে একটি জল-ভরা গ্যাসজার উপুড় করিয়া বসাইতে হয়। বিন্দুপাতী ফানেলে ফরমিক অ্যাসিড লইতে হয় এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডসহ ফ্লাস্কটি 100°C তাপমাত্রায় গরম করিয়া উহার মধ্যে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ফরমিক অ্যাসিড ফেলিতে হয়। ফ্লাস্কে কার্বন মনক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই গ্যাস নির্গম-নলের মাধ্যমে জল অপসারণ করিয়া গ্যাসজারে জমা হয়। কারণ, কার্বন মনক্সাইড জলে অদ্রবণীয়।

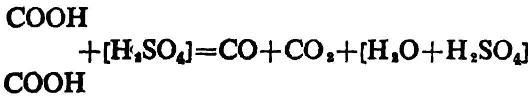


কার্বন মনক্সাইড প্রস্তুতি

উৎপন্ন কার্বন মনক্সাইডে কিছু কার্বন ডাই-অক্সাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প থাকা সম্ভব। সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ গ্যাস প্রস্তুত করিতে হইলে উৎপন্ন কার্বন মনক্সাইডকে প্রথমে কস্টিক পটাশ (KOH) দ্রবণের মধ্য দিয়া ও পরে শুষ্ক করিবার জন্য ফসফরাস পেন্টক্সাইড টিউবের মধ্য দিয়া চালিত করিতে হয়। শুষ্ক গ্যাস পারদ অপসারণ করিয়া গ্যাসজারে জমাইতে হয়।

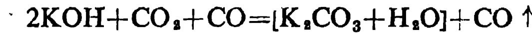
(i) ফরমিক অ্যাসিডের পরিবর্তে অক্জেলিক অ্যাসিড $[(COOH)_2]$ ব্যবহার করিয়াও

কার্বন মনক্সাইড তৈরী করা হয়। অক্জেলিক অ্যাসিড কঠিন পদার্থ। সুতরাং এরূপ ক্ষেত্রে ফ্লাস্কে অক্জেলিক অ্যাসিড ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিতে হয়।



$$\begin{array}{l}COOH\\ \quad +[H_2SO_4]=CO+CO_2+[H_2O+H_2SO_4]\\ COOH\end{array}$$

এরূপ বিক্রিয়ায় কার্বন মনক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উভয় অক্সাইডই তৈরী হয়। অক্জেলিক অ্যাসিড ব্যবহার করিলে প্রথমে কস্টিক পটাশ (KOH) দ্রবণ পূর্ণ বোতলের ভিতর দিয়া উৎপন্ন গ্যাস প্রবাহিত করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড অপসারণের পরে জল অপসারিত করিয়া কার্বন মনক্সাইড সংগ্রহ করা হয়। কস্টিক পটাশ কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করিয়া লয় কিন্তু কার্বন মনক্সাইড অশোষিত থাকে। বিক্রিয়া ঃ



$$2KOH+CO_2+CO=[K_2CO_3+H_2O]+CO\uparrow$$

এজন্য নির্গম নলের সংগে প্রথমে একটি বা দুইটি ঘন কস্টিক পটাশ দ্রবণ (KOH) পূর্ণ বোতল ফিট করা থাকে। শেষে বোতলের সঙ্গে যুক্ত থাকে একটি নির্গম নল।

10·8. ধর্ম (Properties) ঃ

(a) **ভৌত ধর্ম ঃ** (i) কার্বন মনক্সাইড বর্ণহীন ও স্বাদহীন হালকা গন্ধযুক্ত গ্যাসীয় পদার্থ। (ii) ইহা জলে অতি অল্প দ্রবণীয়। (iii) ইহা অত্যন্ত বিষাক্ত গ্যাস। দশ ভাগ বায়ুতে যদি একভাগ কার্বন মনক্সাইড থাকে তবে এই গ্যাসে শ্বাস গ্রহণের আধ ঘন্টার মধ্যেই প্রাণীর মৃত্যু ঘটে। (iv) স্বাভাবিক চাপে $-191^{\circ}C$ শীতলতায় ইহাকে তরল করা যায়।

(b) **রাসায়নিক ধর্ম ঃ** (i) **দহনশীলতা** (Combustibility) ঃ কার্বন মনক্সাইড একটি দহনশীল গ্যাস। এই গ্যাসটি হাইড্রোজেনের ন্যায় অন্য পদার্থকে জ্বলিতে সাহায্য করে না, নিজেই অগ্নিস্পর্শে হাইড্রোজেনের ন্যায় জ্বলিয়া ওঠে। কার্বন মনক্সাইড জ্বলিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠন করে। বিক্রিয়া ঃ $2CO+O_2=2CO_2$

(ii) **প্রবল বিজারণ ক্ষমতা** (Reducing agent) ঃ কার্বন মনক্সাইড একটি প্রবল বিজারক পদার্থ। কার্বন মনক্সাইড জিংক, কপার, আয়রন ইত্যাদি ধাতুর তপ্ত অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া ধাতুতে পরিণত করে।



$$CuO+CO=Cu+CO_2\,;\quad Fe_2O_3+3CO=2Fe+3CO_2\,;$$
$$ZnO+CO=Zn+CO_2\,;\quad PbO+CO=Pb+CO_2.$$

(iii) **জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটে না** (No action with water) ঃ ফরমিক অ্যাসিডের জলীয় অংশ শোষণের ফলে কার্বন মনক্সাইড গঠিত হয় বটে কিন্তু কার্বন মনক্সাইড ও জল একত্র করিলে ফরমিক অ্যাসিড গঠিত হয়; কারণ, কার্বন মনক্সাইড জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইতে সক্ষম নয়। ইহা একটি **প্রশম** গ্যাস (neutral gas)।

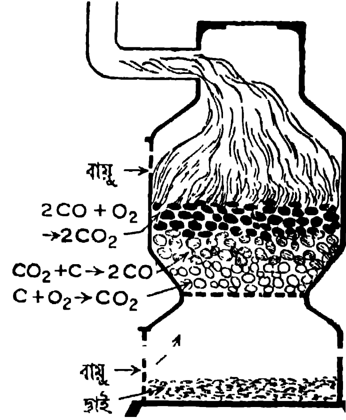
(iv) **সোডিয়াম ফরমেট প্রস্তুতি ঃ** $160^{\circ}C$ তাপমাত্রায় ও উচ্চতর চাপে ঘন কস্টিক সোডা দ্রবণের মধ্যে কার্বন মনক্সাইড চালনা করিলে সোডিয়াম ফরমেট (HCOONa) গঠিত হয়। বিক্রিয়া ঃ $NaOH+CO=HCOONa$।

(v) কার্বন মনক্সাইড শোষক (Absorbent) **:** অ্যামোনিয়ার কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবণ (Ammoniacal cuprous chloride $CuCl+NH_4OH$) কার্বন মনক্সাইড গ্যাস শোষণ করিয়া একটি জটিল যৌগ ($CuCl, CO, 2H_2O$) গঠন করে।

(vi) উনানের নীলাভ শিখা (burning of coal in oven) **:** কয়লার উনানে যে নীলাভ শিখা দেখা যায় তার কারণ কার্বন মনক্সাইডের প্রজ্বলন। প্রজ্বলিত উনানে কয়লা ও অক্সিজেনের বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :

(ক) উনানের তলায় বায়ু-মুখের (air hole) কাছে পর্যাপ্ত অক্সিজেন থাকায় এই স্থানে কয়লা পুড়িয়া প্রথমে কার্বন-ডাই অক্সাইডে পরিণত হয়। বিক্রিয়া : $C+O_2=CO_2\uparrow$

(খ) এই কার্বন ডাই-অক্সাইড উনানের ভিতরকার অতি তপ্ত কয়লার ভিতর দিয়া উপরের দিকে যাওয়ার সময় বিজারিত হইয়া কার্বন মনক্সাইডে পরিণত হয়। বিক্রিয়া : $CO_2+C=2CO\uparrow$



উনানে কয়লা প্রজ্বলনের বিক্রিয়া

(গ) এই কার্বন মনক্সাইড গ্যাস উনানের উপরে **নীলাভ শিখায়** জ্বলিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। বিক্রিয়া : $2CO+O_2=2CO_2$

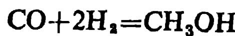
(vii) কার্বনিল ক্লোরাইড ও সালফাইড গঠন : কার্বন মনক্সাইড এবং ক্লোরিন সূর্যালোকে বিক্রিয়া ঘটাইয়া বিষাক্ত কার্বনিল ক্লোরাইড বা **ফসজিন গ্যাস** তৈরী করে এবং সালফার বাষ্পের সঙ্গে কার্বনিল সালফাইড গঠন করে। বিক্রিয়া :



$$CO+Cl_2=COCl_2\,;\ CO+S=COS.$$

কার্বন মনক্সাইডে কার্বনের যোজ্যতা অসম্পৃক্ত বলিয়া এরূপ যৌগ গঠিত হয়।

(viii) জৈব যৌগ গঠন (Formation of organic compounds) **:** 358°C তাপমাত্রায় নিকেল বা প্লাটিনাম অনুঘটকের সাহায্যে হাইড্রোজেনের সহিত ক্রিয়ায় মিথেন গঠিত হয় ($2CO+2H_2=CH_4+CO_2$)। জিঙ্ক ও ক্রোমিয়াম অক্সাইড অনুঘটকের সংস্পর্শে 350°C তাপমাত্রায় হাইড্রোজেনের সহিত মিথাইল অ্যালকোহল তৈরী হয়।



$$CO+2H_2=CH_3OH$$

10·9. কার্বন মনক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের পারস্পরিক রূপান্তর (Conversion of one oxide to the other) :

প্রথম পরীক্ষা : ফরমিক অ্যাসিড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কার্বন মনক্সাইড তৈরী কর। এই কার্বন মনক্সাইড গ্যাস জ্বলন্ত পাটকাঠির সাহায্যে বায়ুতে প্রজ্বলিত কর। ইহা কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইবে। বিক্রিয়া : $2CO+O_2=2CO_2$

এই প্রজ্বলিত গ্যাস চুনজলের মধ্যে চালাও। চুনজল ঘোলা হইয়া যাইবে। কারণ কার্বন মনক্সাইড প্রজ্বলনে প্রাপ্ত কার্বন ডাই-অক্সাইডে চুনজলের সঙ্গে ক্যালসিয়াম কার্বনেট গঠন করে। $Ca(OH_2)+CO_2=CaCO_3+H_2O$

দ্বিতীয় পরীক্ষা: হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও মার্বেলের বিক্রিয়া ঘটাইয়া কীপ যন্ত্রের সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী কর। এই কার্বন ডাই-অক্সাইড অগ্নিতপ্ত চারকোলপূর্ণ নলের ভিতর দিয়া চালাইলে ইহা কার্বন মনক্সাইডরূপে বিজারিত হইবে। বিক্রিয়া: $C+CO_2=2CO$

নল হইতে নির্গত এই গ্যাস চুনজলের মধ্যে প্রবাহিত কর। চুনজল ঘোলা হইবে না।

[যুতযৌগ গঠন (additive compound) জৈব রসায়নের অধ্যায়ে দ্রষ্টব্য।]

10·10. কার্বন ডাই-অক্সাইড ও কার্বন মনক্সাইডের তুলনা:

ধর্ম	কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2)	কার্বন মনক্সাইড (CO)
1. বর্ণ ও গন্ধ	বর্ণহীন ও অম্লগন্ধযুক্ত গ্যাস।	বর্ণহীন ও হাল্কা-গন্ধযুক্ত গ্যাস।
2. বাষ্প ঘনত্ব	বায়ুর চেয়ে দেড়গুণ ভারী। বাষ্প ঘনত্ব=22।	বায়ুর প্রায় সমান ভারী। বাষ্প ঘনত্ব=14
3. প্রকৃতি	বিষাক্ত নয়, কিন্তু ইহাতে শ্বাস নেওয়া যায় না।	বিষাক্ত বলিয়া ইহাতে শ্বাস নিলে মৃত্যু ঘটে।
4. দহনশীলতা	নিজে জ্বলে না, অন্যকেও জ্বলিতে সাহায্য করে না, অর্থাৎ দাহক বা দহনশীল নয়।	দহনশীল বলিয়া নিজেই নীলাভ শিখায় জ্বলে, অন্যকে জ্বলিতে সাহায্য করে না।
5. তরলীকরণ	উচ্চতাপ ও শীতলতায় তরল ও কঠিন শুষ্ক বরফে পরিণত করা যায়।	—191°C শীতলতায় ও স্বাভাবিক চাপে তরল করা যায়।
6. জলের সঙ্গে বিক্রিয়া	ইহা অ্যাসিডিক অক্সাইড বলিয়া জলে দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণে মৃদু অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায়। $H_2O+CO_2\rightleftharpoons H_2CO_3$ (কার্বনিক অ্যাসিড) ইহা অস্থায়ী, উত্তাপে আবার জল ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে বিয়োজিত হয়।	জলে অতি সামান্য দ্রবণীয়,—জলীয় দ্রবণে কোন অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায় না। কারণ, ইহা একটি প্রশম (neutral) অক্সাইড।

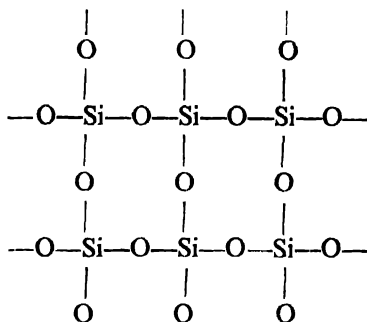
ধর্ম	কার্বন ডাই-অক্সাইড	কার্বন মনক্সাইড
7. ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া	ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বাই-কার্বনেট লবণ গঠন করে : $CO_2+2NaOH$ $=Na_2CO_3+H_2O$ $Na_2CO_3+CO_2+H_2O$ $=2NaHCO_3$ $CO_2+Ca(OH)_2$ $=CaCO_3+H_2O$ $CaCO_3+CO_2+H_2O$ $=Ca(HCO_3)_2$	সাধারণ অবস্থায় কোন বিক্রিয়া ঘটে না। উত্তপ্ত ও উচ্চতর চাপে ঘন NaOH -এর সঙ্গে CO এর বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ফর্মেট গঠিত হয়। $NaOH+CO$ $=HCOONa$
8. চুন-জল	চুন-জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় চুন-জল ঘোলা হইয়া যায়। $CO_2+Ca(OH)_2$ $=CaCO_3+H_2O$	কোন বিক্রিয়া হয় না।
9. জারণ বা বিজারণ	বিজারণ ক্ষমতা নাই বরং নিজেই বিজারিত হইয়া যায় : $C+CO_2=2CO$ জ্বলন্ত Mg দ্বারা বিজারিত হয়। $2Mg+CO_2$ $=2MgO+C$	একটি সক্রিয় বিজারক $CuO+CO$ $=Cu+CO_2$ $ZnO+CO=Zn+CO_2$ Fe_2O_3+3CO $=2Fe+3CO_2$
10. শোষক	কস্টিক পটাশ ও কস্টিক সোডা দ্বারা শোষিত হয়। $CO_2+2NaOH$ $=Na_2CO_3+H_2O$	কিউপ্রাস ক্লোরাইডের অ্যামোনিয়া মিশ্রিত দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয়। $(CuCl, CO, 2H_2O)$
11. যুত-যৌগ গঠন	এই যৌগে কার্বনের যৌজ্যতা সম্পৃক্ত বলিয়া কোন যুত যৌগ গঠিত হয় না।	এই যৌগে কার্বনের যোজ্যতা অসম্পৃক্ত বলিয়া ক্লোরিনের সঙ্গে কার্বনিল ক্লোরাইড গঠিত হয়। $CO+Cl_2=COCl_2$

10·11. ব্যবহার : (i) জ্বালানী গ্যাস তথা উদক গ্যাস ও প্রডিউসার গ্যাসরূপে, (ii) বিজারক পদার্থরূপে, (iii) লোহা, নিকেল, জিংক, ম্যাগনেসিয়াম ও অন্যান্য ধাতু নিষ্কাশনের প্রয়োজনে, (iv) মিথেন ও মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করার জন্য এবং (v) কৃত্রিম তরল জ্বালানী প্রস্তুত করার জন্য কার্বন মনক্সাইড ব্যবহার করা যায়।

সিলিকন ডাই-অক্সাইড (Silicon di-oxide)

10·12. প্রাকৃতিক প্রাপ্তি ঃ বালু, কোয়ার্টজ, রত্নপাথর এবং সমস্ত পাথর (rock) এবং ভূ-পৃষ্ঠের সিলিকেট জাতীয় ক্লে, কেওলীন ইত্যাদি পদার্থের মধ্যে সিলিকারূপে (SiO_2) এই সিলিকন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।

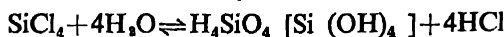
আণবিক গঠন ঃ কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইডের ন্যায় সিলিকন ডাই-অক্সাইডের সম-আণবিক সংকেত সত্ত্বেও ইহা কেন কঠিনাকার ক্রিস্টালরূপে গঠিত তাহার ব্যাখ্যা পাওয়া যায় সিলিকন ডাই-অক্সাইডের গঠনাকৃতির (structure of crystal) মধ্যে। ইহার অণুগুলি বহু অণুর সংযোগে অতিকায় অণুরূপে গঠিত। ইহার অক্সিজেন পরমাণুগুলি সিলিকনের চতুর্মখে পরস্পরে যুক্ত হইয়া সিলিকার (SiO_2) অতিকায় অণু গঠন করে।



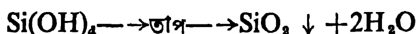
সিলিকার অতিকায় অণুর আকৃতি

বিভিন্ন তাপমাত্রায় এরূপ অণুগুলি ষড়ভুজ, অষ্টভুজ, এবং ত্রিভুজ ক্রিস্টাল গঠন করে, এবং 1710°C তাপমাত্রায় কঠিন সিলিকা তরল অবস্থায় পরিণত হয়।

10·13. প্রস্তুতি ঃ প্রকৃতিতে বালু বা কোয়ার্টজ রূপে প্রচুর পরিমাণে সিলিকন ডাই-অক্সাইড **সিলিকা** নামে পাওয়া যায়। (i) সিলিকন টেট্রা ক্লোরাইডের ($SiCl_4$) আর্দ্র-বিশ্লেষণে সিলিসিক অ্যাসিড (H_4SiO_4) গঠিত হয়। এই সিলিসিক অ্যাসিড উত্তপ্ত ও শুষ্ক করিয়া অনিয়তাকার সিলিকা বা সিলিকন ডাই-অক্সাইড তৈরী করা যায়। বিক্রিয়া ঃ



$$SiCl_4+4H_2O \rightleftharpoons H_4SiO_4\ [Si\ (OH)_4\ ]+4HCl$$



$$Si(OH)_4 \longrightarrow \text{তাপ} \longrightarrow SiO_2 \downarrow +2H_2O$$

(ii) সোডিয়াম সিলিকেটের (Na_2SiO_3) সঙ্গে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইলে জিলেটিনের ন্যায় (gelatin) সিলিকা গঠিত হয়। ইহা জলগাহে উত্তপ্ত করার পরে জলে বিধৌত করিয়া শুষ্ক করিলে **অনিয়তাকার** সিলিকা পাওয়া যায়। বিক্রিয়া ঃ



$$Na_2SiO_3+2HCl=NaCl+H_2O+SiO_2$$

10·14. সিলিকার ধর্ম ঃ (a) ভৌত ধর্ম ঃ সিলিকা ক্রিস্টাল ও অনিয়তাকার রূপে পাওয়া যায়। ইহার ক্রিস্টালের আপেক্ষিক গুরুত্ব—2·65, সিলিকা জলে অদ্রবণীয়।

(b) **রাসায়নিক ধর্ম ঃ** (i) ইহা জল বা অন্যান্য অ্যাসিড দ্বারা অবিকৃত থাকে। একমাত্র হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিডে (HF) ইহা দ্রবণীয় এবং বিক্রিয়ায় সিলিকন টেট্রা ফ্লুরাইড গঠিত হয়। বিক্রিয়া ঃ



$$4HF+SiO_2=SiF_4 \uparrow +2H_2O,$$

(ii) অ্যাসিড ধর্মী বলিয়া ইহা ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া ক্ষারীয় সিলিকেট গঠন করে।



বিক্রিয়া ঃ $SiO_2 + 2NaOH = Na_2SiO_3 + H_2O$,

(iii) ক্ষার মৃত্তিকা তথা ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের লবণের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া এরূপ ধাতুর স্থায়ী লবণ গঠন করে। বিক্রিয়া ঃ $SiO_2 + CaCO_3 = CaSiO_3 + CO_2 \uparrow$

(iv) সোডিয়াম সিলিকেটের ঘন দ্রবণের সঙ্গে অজৈব অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় **সিলিকা জেল** (silica gel) নামক কলয়ডিয় দ্রবণ তৈরী হয়। এই সিলিকা জেল বিশুষ্ক, বিধৌত এবং পুনঃ শুষ্ক করিয়া পাউডাররূপে **সিলিকা জেল** তৈরী করা যায়। এরূপ সিলিকা জেল বিশেষ ভাবে জলীয় বাষ্প শোষক (absorbent);

10·15. ব্যবহার (uses) ঃ (i) ইহা রত্নপাথররূপে ব্যবহৃত হয়। সিলিকা 1700°C তাপমাত্রায় বিগলিত করিয়া ইহার মধ্যে সামান্য পরিমাণে বিভিন্ন ধাতু মিশ্রিত করিয়া কৃত্রিম রত্ন-পাথর তৈরী করা যায়। (ii) সিলিকা 1600°C তাপমাত্রায় নরম হইতে আরম্ভ করে এবং 1700°C তাপমাত্রার পরে প্লাস্টিকের আকার ধারণ করে। তাই এরূপ বিগলিত সিলিকা দ্বারা স্বচ্ছ ও অস্বচ্ছ **সিলিকা-গ্লাসের** পাত্রাদি গঠন করা যায়। ইহা উচ্চ তাপ-সহা বলিয়া ল্যাবরেটারীর খর্পর, বেসিন ইত্যাদি তৈরীর জন্য ব্যবহার করা হয়। ক্ষার বা হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড ব্যতীত এরূপ সিলিকা পাত্রের উপরে 1500°C তাপমাত্রা পর্যন্ত অন্য কোন রাসায়নিক দ্রব্য বিক্রিয়া ঘটাইতে অক্ষম। এরূপ সিলিকার তৈরী খর্পরাদি লাল-তপ্ত করিয়া জলে ডুবাইলেও ইহা অভঙ্গুর থাকে। তাই, গবেষণাগারের যন্ত্রপাতি নির্মাণ করার জন্য সিলিকা-গ্লাস ব্যবহার করা হয়। সাধারণ গ্লাসের এরূপ তাপ সহনের ক্ষমতা নাই। (iii) চশমা, অণুবীক্ষণ যন্ত্র, দূরবীক্ষণ যন্ত্রের এবং অনুরূপ যন্ত্রের লেনস (Optical lens) তৈরী করার জন্য সিলিকা গ্লাস ব্যবহার করা হয়। (iv) সাধারণ বালু সিলিকা গ্লাস, পোরসেলিন, স্যাণ্ড পেপার (Sand-paper) এবং গৃহ নির্মাণের মশলা (mortar) রূপে ব্যবহার করা হয়। (v) সিলিকা দ্বারা ইস্পাত চুল্লীর (অ্যাসিড পদ্ধতি) দেওয়াল তৈরী করার জন্য তাপ-সহা ইট (refractory brick) তৈরী করা হয়। (vi) দালানাদি তৈরী করার জন্য স্যাণ্ড-স্টোন (sand-stone) বা বালি পাথর ব্যবহৃত হয়।

সালফার ডাই-অক্সাইড (Sulphur di-oxide)

10·16. পরিচয় ঃ সালফার পোড়াইলে যে ধোঁয়া হয় সেই ধোঁয়া দ্বারা রোগীর ঘর বিশুদ্ধ করা এবং সুতি-বস্ত্র রঞ্জিত করার উপায় প্রাচীনকালেও জানা ছিল। কিন্তু বায়ুতে সালফার পোড়াইলে যে গ্যাসটি তৈরী হয় সেই গ্যাসটি আলাদাভাবে তৈরী ও সংগ্রহ করিতে সর্বপ্রথম সক্ষম হন বিজ্ঞানী প্রিস্টলী। কিন্তু গ্যাসটি যে সালফারের অক্সাইড সে কথাটি প্রথমে প্রমাণ করেন বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার।

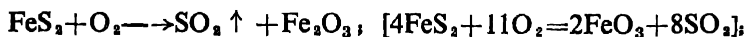
প্রাকৃতিক প্রাপ্তি ঃ আগ্নেয়গিরির বাষ্পে মুক্ত সালফার ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। কোন কোন খনিজ জলে এবং সালফারবাহী কয়লা পোড়াইবার ফলে শহরাঞ্চলের বায়ুমণ্ডলেও সালফার ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।

সালফার ডাই-অক্সাইডের সংকেত—SO_2 এবং আণবিক ওজন—64.

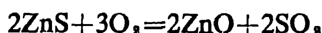
10·17. সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি ঃ

1. **বৃহদায়তন প্রস্তুতি ঃ জারণ পন্থা** (Large scale production by oxidation process) ঃ (i) সালফারের সরাসরি বায়ুতে পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী করা যায়। $S+O_2=SO_2\uparrow$

(ii) বায়ুতে লোহার সালফাইড তথা আয়রণ পিরাইটিস (FeS_2) বা জিংক সালফাইড (ZnS) পোড়াইয়াও সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা যায় ঃ



$$FeS_2+O_2 \longrightarrow SO_2\uparrow+Fe_2O_3\,;\ [4FeS_2+11O_2=2FeO_3+8SO_2];$$



$$2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2$$

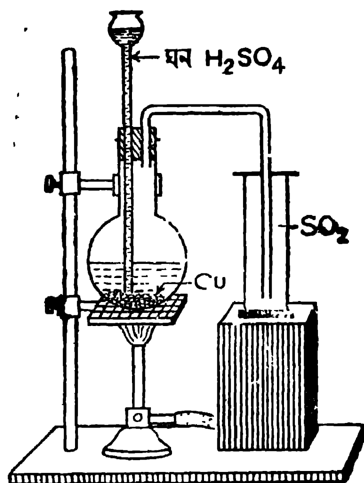
বৃহদায়তনে সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী করা হয় উপরে বর্ণিত পন্থায়। কিন্তু এরূপ-ভাবে তৈরী সালফার ডাই-অক্সাইডে বায়ুর নাইট্রোজেন মিশ্রিত থাকে।

2. **রসায়নাগারের পদ্ধতি** (Laboratory process) ঃ **সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে** (from sulphuric acid) ঃ ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে কপার (Cu) তপ্ত করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) তৈরী করা যায়। বিক্রিয়া ঃ



$$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+2H_2O+SO_2\uparrow$$

প্রস্তুতি ঃ একটি কাচের ফ্লাস্কে কিছু তামার কুচি রাখিয়া এবং ছিপির মাধ্যমে ফ্লাস্কের মুখে একটি দীর্ঘনল ফানেল এবং নির্গমনল ফিট কর। ফানেলের নলটি ফ্লাস্কের প্রায় তলা পর্যন্ত প্রবেশ করাও। ধারক ও তার-জালের সাহায্যে ফ্লাস্কটি ত্রিপদের উপর বসাও। নির্গম-নলের মুখটি একটি খাড়া গ্যাস জারের মধ্যে স্থাপন কর। এখন ধীরে ধীরে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া ফ্লাস্কটিকে বুনসেন দীপে উত্তপ্ত কর। গ্যাস উৎপন্ন হইতে আরম্ভ করা মাত্র দীপ সরাইয়া লও। সালফার ডাই-অক্সাইড বায়ুর চেয়ে দ্বিগুণ ভারী, তাই ঊর্ধ্বমুখে গ্যাসজারের বায়ু সরাইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড সংগ্রহ কর।



সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

বিশোধন (Purification) ঃ সালফার ডাই-অক্সাইড বর্ণহীন গ্যাস। কিন্তু ইহার সঙ্গে কিছুটা সালফার ট্রাই-অক্সাইড গ্যাস তৈরী হয় বলিয়া গ্যাসটি জারের মধ্যে ধোঁয়াটে দেখায়। উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইডকে প্রথমে জলে ও পরে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে প্রবাহিত করাইয়া শুষ্ক ও বিশুদ্ধ করা যায়।

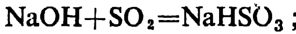
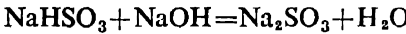
শুষ্ক (Dry) **সালফার ডাই-অক্সাইড** তৈরী করার প্রয়োজন হইলে গ্যাসটি ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ভরা একটি বোতলের ভিতর দিয়া চালাইয়া বিধৌত করিয়া লইতে হয়।

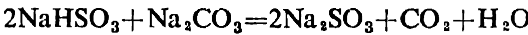
10·18. সালফার ডাই-অক্সাইডের ধর্ম ঃ

(a) **ভৌত ধর্ম ঃ** (i) সালফার ডাই-অক্সাইড একটি বর্ণহীন গ্যাস। (ii) ইহার মধ্যে দম-বন্ধ করা পোড়া সালফারের গন্ধ পাওয়া যায়। ইহা বিষাক্ত। (iii) ইহা বায়ুর চেয়ে দ্বিগুণ বেশি ভারী। (iv) বরফ-লবণ তথা হিম-মিশ্রণে (freezing mixture) ঠাণ্ডা করিয়া অথবা চাপের সাহায্যে সালফার ডাই-অক্সাইডকে সহজেই বর্ণহীন স্বচ্ছ তরলে পরিণত করা হয়। এই তরল—10°C তাপে ফুটিতে আরম্ভ করে।

(b) **রাসায়নিক ধর্ম ঃ** (i) **দহনশীলতা বা দাহক গুণ** (Combustibility) সাধারণত সালফার ডাই-অক্সাইড আগুনের সংস্পর্শে জ্বলে না বা অন্য পদার্থকে জ্বলিতেও সাহায্য করে না। ইহা দাহক বা দহনশীল পদার্থ নয়।

(ii) **ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ** ইহা অ্যাসিডিক অক্সাইড বলিয়া ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বাই সালফাইট ও সালফাইট যৌগ গঠন করে। বিক্রিয়া ঃ

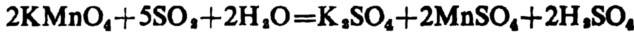
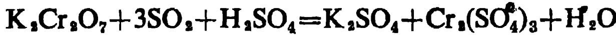
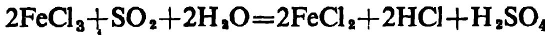
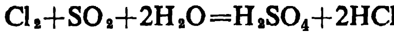

$$NaOH+SO_2=NaHSO_3\ ;$$

$$NaHSO_3+NaOH=Na_2SO_3+H_2O$$

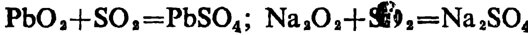
$$Na_2CO_3+H_2O+2SO_2=2NaHSO_3+CO_2$$

$$2NaHSO_3+Na_2CO_3=2Na_2SO_3+CO_2+H_2O$$

(iii) **অ্যাসিডিক অক্সাইড** (Acidic oxide) ঃ জলের সঙ্গে ইহা একটি অস্থায়ী ও মৃদু অ্যাসিড (H_2SO_3) গঠন করে। অ্যামোনিয়ার দ্রবণীয়তার ন্যায় ঝরনা পরীক্ষা সম্পন্ন করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইডের দ্রবণীয়তা প্রমাণ করা যায়। এই গ্যাসের জলীয় দ্রবণের সংস্পর্শে নীল লিটমাস লাল হইয়া যায়। গ্যাসের জলীয় দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে SO_2 নির্গত হয়। বিক্রিয়া ঃ $SO_2+H_2O \rightarrow H_2SO_3$; $H_2SO_3 \rightarrow SO_2\uparrow+H_2O$.

সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ কোন একটি আবদ্ধ পাত্রে 150°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে দ্রবণ হইতে সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে সালফার ডাই-অক্সাইডের মধ্যে সালফার বর্তমান। বিক্রিয়া ঃ $3H_2SO_3=S\downarrow+2H_2SO_4+H_2O$

(iv) **বিজারণ ক্ষমতা** (Reducing property) ঃ সালফার ডাই-অক্সাইড একটি প্রবল **বিজারক** (reducing agent) পদার্থ। বেগুনী রঙের পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) দ্রবণ এই গ্যাসের বিজারণ ক্রিয়ায় বর্ণহীন হইয়া যায়। সালফার ডাই-অক্সাইড কমলা রঙের পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) দ্রবণকে সবুজ বর্ণে এবং হলুদ রঙের ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) দ্রবণকে ফেরাস ক্লোরাইড ($FeCl_2$) দ্রবণে বিজারিত করিয়া দেয়। ক্লোরিন জল ইহাকে সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত করে এবং ইহার ফলে ক্লোরিন জল হরিদ্রাভ বর্ণ হইতে বর্ণহীন হইয়া যায়। ইহা হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্বারা সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হয়।


$$2KMnO_4+5SO_2+2H_2O=K_2SO_4+2MnSO_4+2H_2SO_4$$

$$K_2Cr_2O_7+3SO_2+H_2SO_4=K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+H_2O$$

$$2FeCl_3+SO_2+2H_2O=2FeCl_2+2HCl+H_2SO_4$$

$$Cl_2+SO_2+2H_2O=H_2SO_4+2HCl$$

$$H_2O_2+SO_2=H_2SO_4$$

$$PbO_2+SO_2=PbSO_4;\ Na_2O_2+SO_2=Na_2SO_4$$

পরীক্ষা ঃ তিনটি পরীক্ষা নলে পটাসিয়াম প্যারম্যাঙ্গানেট, পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ লও এবং উহাদের মধ্যে সালফার ডাই-অক্সাইড চালাও। দেখিবে প্রতিটি দ্রবণের বর্ণান্তর ঘটিবে।

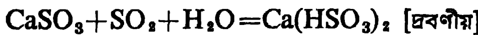
(v) **জারণ ও বিজারণ ক্ষমতা** (Oxidising and reducing capacity) ঃ সালফার ডাই-অক্সাইডের যেমন বিজারণ ক্ষমতা আছে তেমনি জারণ ক্ষমতাও আছে। একই সঙ্গে জারণ ও বিজারণ ক্ষমতার অধিকারী হওয়ার কারণ—(ক) একদিকে সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) অন্য পদার্থের অক্সিজেন গ্রাস করিয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে (SO_3) পরিণত হইতে পারে। এরূপ ক্ষেত্রে ইহা (SO_2) **বিজারণ-ধর্মী** (reducing agent)। (খ) আবার অন্যদিকে ইহা (SO_2) নিজের অক্সিজেন অন্য পদার্থকে দান করিয়া নিজে সালফার (S) মৌলে পরিণত হইতে পারে। এরূপক্ষেত্রে ইহা (SO_2) **জারণ ধর্মী** (oxidising agent)।

(vi) **জারণ** (Oxidation) **বিক্রিয়া** ঃ

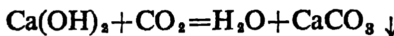
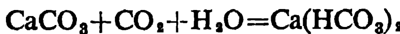

$$SO_2+2H_2S=2H_2O+3S\ ;\ SO_2+C\ (\text{অতি-তপ্ত})=CO_2+S$$

$$4FeCl_2+4HCl\ (\text{ঘন})+SO_2=4FeCl_3+2H_2O+S$$

(vii) **চুন-জলের বিক্রিয়া** ঃ কার্বন ডাই-অক্সাইডের মত ইহাও চুন জলকে ঘোলা করে।

বিক্রিয়া ঃ 
$$Ca(OH)_2+SO_2=CaSO_3\downarrow+H_2O\ ;$$

$$CaSO_3+SO_2+H_2O=Ca(HSO_3)_2\ [\text{দ্রবণীয়}]$$

$CaSO_3$ গঠনের জন্য ঘোলা হয় কিন্তু অতিরিক্ত গ্যাস সংযোগে $Ca(HSO_3)_2$ গঠনে দ্রবণ স্বচ্ছ হইয়া যায়। ইহা CO_2-এর বিক্রিয়ায় সঙ্গে তুলনীয়।


$$Ca(OH)_2+CO_2=H_2O+CaCO_3\downarrow$$

$$CaCO_3+CO_2+H_2O=Ca(HCO_3)_2$$

বিরঞ্জন ক্ষমতা (Bleaching property) ঃ সালফার ডাই-অক্সাইড জৈব রঙকে বিরঞ্জিত করিয়া বর্ণহীন করিতে পারে। উল, সিল্ক, স্পঞ্জ, খড় ইত্যাদি বিরঞ্জিত করার জন্য, সুতি ও কাগজ শিল্পে সালফার ডাই-অক্সাইডকে বিরঞ্জক-রূপে (bleaching agent) ব্যবহার করা হয়। সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা বিরঞ্জিত পদার্থকে বায়ুর সংস্পর্শে আনিলে অনেক ক্ষেত্রে আবার পূর্বের বর্ণ ফিরিয়া পাওয়া যায়। সালফার ডাই-অক্সাইডের বিরঞ্জন ক্রিয়ার জন্য সব সময়ে জলের সান্নিধ্য প্রয়োজন। সালফার ডাই-অক্সাইড জলের বিক্রিয়ায় যে **সদ্যোজাত বা**

জায়মান হাইড্রোজেন (nascent hydrogen) **উৎপন্ন হয় সেই হাইড্রোজেনের** দ্বারা **বিজারণের জন্য** (reduction reaction) **ইহার বিরঞ্জন ক্রিয়া সম্ভব হয়।**



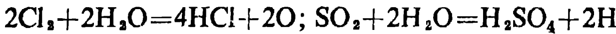
বিক্রিয়া : $SO_2 + 2H_2O = 2H + H_2SO_4$

পরীক্ষা : একটি সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসপূর্ণ জারে কয়েকটি শুষ্ক রঙিন ফুল রাখ। ফুলের রঙ অপরিবর্তিত থাকিবে। কয়েকটি জলে ভিজা ফুল লও এবং সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসপূর্ণ জারের মধ্যে রাখ। দেখিবে, কিছুক্ষণের মধ্যে ফুলের রঙ ফিকা হইয়া যাইবে।

10·19. সালফার ডাই-অক্সাইড ও ক্লোরিনের বিরঞ্জন ধর্মের তুলনা (Comparison between the bleaching properties of Sulphur dioxide and Chlorine) :

(i) ক্লোরিন ও সালফার ডাই-অক্সাইড উভয়েরই বিরঞ্জন বা ব্লিচিং ক্ষমতা আছে এবং উভয়েরই বিরঞ্জন ক্রিয়ার জন্য জলের সংস্পর্শ প্রয়োজন।

(ii) জলের সংস্পর্শে ক্লোরিন **সদ্যোজাত বা জায়মান** (nascent) **অক্সিজেন** (O) উৎপন্ন করিয়া **জারণ ধর্মে** (oxidation) **বিরঞ্জন** সম্ভব করে। পক্ষান্তরে সালফার ডাই-অক্সাইড জলের সংস্পর্শে **সদ্যোজাত** বা **জায়মান হাইড্রোজেন** (H) উৎপন্ন করিয়া **বিজারণ ধর্মে** (reduction) **বিরঞ্জন** সম্ভব করে। বিক্রিয়া :



$$2Cl_2 + 2H_2O = 4HCl + 2O; \; SO_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2H$$

(iii) ক্লোরিন স্থায়ীভাবে বিরঞ্জিত করে; সালফার ডাই-অক্সাইডের বিরঞ্জন সব সময় স্থায়ী হয় না। বায়ুর সংস্পর্শে ইহা (SO_2) দ্বারা বিরঞ্জিত পদার্থ অনেক ক্ষেত্রে পূর্বের বর্ণ ফিরিয়া পায়।

(iv) ইহা (SO_2) ক্লোরিনের চেয়ে মৃদু বিরঞ্জক বলিয়া উল, সিল্ক, স্পঞ্জ, খড় ইত্যাদি বিরঞ্জিত করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

শোষক (Absorbent) : সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস কস্টিক সোডা (NaOH) কস্টিক পটাস (KOH) ও ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Ca(OH)_2$] দ্রবণে শোষিত হইতে পারে।

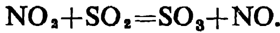
10·20. ব্যবহার (Uses) : (i) উল, সিল্ক ও কাগজ শিল্পে সালফার ডাই-অক্সাইড বিরঞ্জক রূপে ব্যবহার করা হয়। (ii) ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইড মিশাইয়া ক্যালসিয়াম বাই-সালফাইট লবণ [$Ca(HSO_3)_2$] তৈরী করা হয়। এই লবণ প্রচুর পরিমাণে কাগজ শিল্পে ব্যবহৃত হয়। (iii) সালফার ডাই-অক্সাইড জীবাণু-নাশক হিসাবে ব্যবহৃত হয় (iv) সালফিউরিক অ্যাসিড ও সালফাইট তৈরী করার জন্য সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসের প্রয়োজন হয়। (v) ক্লোরিন-বিরঞ্জন শিল্পে উদ্বৃত্ত ক্লোরিন অপসারণের জন্যও ইহা (SO_2) ব্যবহার করা হয়। (vi) রোগীর ঘর বা হাসপাতাল এবং জাহাজ জীবাণু-মুক্ত করার জন্য, এবং (vii) তরল অবস্থায় দ্রাবকরূপে ইহা ব্যবহৃত হয়।

সালফার ট্রাই-অক্সাইড

10·21. সালফারকে বায়ুর সংস্পর্শে উত্তপ্ত করিলেই সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী হয়। কিন্তু এইভাবে বায়ুর সংস্পর্শে সালফার ট্রাই-অক্সাইড তৈরী করা সম্ভব নয়। সালফার ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে অক্সিজেন যুক্ত করা সম্ভব হইলেই সালফার ট্রাই-অক্সাইড তৈরী করা যায়। **এরূপ মিলন সাধারণভাবে ঘটান সম্ভব নয়, এজন্য অনুঘটকের প্রয়োজন।** (বিস্তৃত আলোচনা ঃ 'সালফিউরিক অ্যাসিড' অধ্যায় দ্রষ্টব্য)

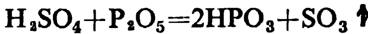
(i) সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসের সহিত অক্সিজেন গ্যাস মিশাইয়া সেই মিশ্রণ 450°C-এ উত্তপ্ত প্লাটিনাইজড্ অ্যাসবেস্টস্ অনুঘটকের মধ্য দিয়া চালাইলে সালফার ডাই-অক্সাইড জারিত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। উৎপন্ন গ্যাস বরফ ও লবণ দ্বারা আবৃত U-টিউবের মধ্য দিয়া চালিত করিলে টিউবের মধ্যে বর্ণহীন সালফার ট্রাই-অক্সাইডের কেলাস পাওয়া যায়। $2SO_2 + O_2 +$ (অনুঘটক) $\rightleftharpoons 2SO_3 + 45{,}000$ ক্যালরি।

(ii) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (NO_2) অক্সিজেন-বাহক (carrier) রূপে সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফার ট্রাই অক্সাইডে পরিণত করে। বিক্রিয়া ঃ



$$NO_2 + SO_2 = SO_3 + NO.$$

(iii) অতিরিক্ত ফসফরাস পেন্টক্সাইডের সঙ্গে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড পাতিত করিয়াও সালফার ট্রাই অক্সাইড তৈরী করা যায় ঃ



$$H_2SO_4 + P_2O_5 = 2HPO_3 + SO_3 \uparrow$$

10·22. ধর্ম ঃ সালফার ট্রাই-অক্সাইড একটি সাদা চকচকে পদার্থ। এই ট্রাই অক্সাইডটি তীব্র অ্যাসিড ধর্মী। জলের সংস্পর্শে ইহা (SO_3) হিস্ হিস্ শব্দে প্রবল বিক্রিয়া ঘটাইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড গঠন করে।

সংযোগ পদ্ধতি সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনের প্রধান উপায়।

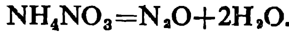
নাইট্রোজেনের অক্সাইড

অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া নাইট্রোজেন পাঁচ রকম অক্সাইড গঠন করে। কারণ, নাইট্রোজেনের পাঁচ রকম (1, 2, 3, 4, 5) যোজ্যতা বর্তমান। এই অক্সাইড পাঁচটির নাম, সংকেত ও ভৌত ধর্ম নিম্নরূপ ঃ

	নাম	সংকেত	ভৌতধর্ম
1.	নাইট্রাস অক্সাইড	N_2O	বর্ণহীন গ্যাস ঃ ঠাণ্ডা জলে দ্রবণীয়
2.	নাইট্রিক অক্সাইড	NO	বর্ণহীন গ্যাস ঃ জলে অদ্রবণীয়
3.	নাইট্রোজেন ট্রাই অক্সাইড	N_2O_3	বাদামী গ্যাস ঃ জলে দ্রবণীয়
4.	নাইট্রোজেন ডাই অক্সাইড	NO_2	গাঢ় বাদামী গ্যাস ঃ জলে দ্রবণীয়
5.	নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড	N_2O_5	সাদা কঠিন পদার্থ ঃ জলে দ্রবণীয়

নাইট্রাস অক্সাইড

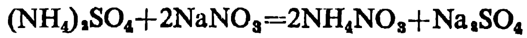
এই অক্সাইডটি প্রথমে তৈরী করেন বৃটিশ বিজ্ঞানী ডেভি। অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (NH_4NO_3) উত্তপ্ত করিলে নাইট্রাস অক্সাইড ও জল তৈরী হয়।



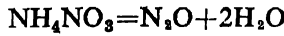
$$NH_4NO_3=N_2O+2H_2O.$$

অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিতে হয়। তাড়াতাড়ি এবং বেশি উত্তপ্ত হইলে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট বিস্ফোরণের সহিত ফাটিয়া যায়।

10·23. প্রস্তুতি (Preparation)ঃ (i) **রাসায়নিক তত্ত্ব ঃ** অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট দ্রুত উত্তপ্ত করিলে উহা বিস্ফোরণের সহিত বিক্রিয়া ঘটায় বলিয়া নাইট্রাস অক্সাইডের প্রস্তুতিতে **সতর্কতা** প্রয়োজন। এজন্য সরাসরি অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত না করিয়া অ্যামোনিয়াম সালফেট [$(NH_4)_2SO_4$] ও সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$) মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করা হয়। প্রথম পর্যায়ে অ্যামোনিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম নাইট্রেটের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (NH_4NO_3) গঠিত হয়। এই অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট দ্বিতীয় পর্যায়ের বিক্রিয়ায় নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O) গঠন করে। বিক্রিয়া ঃ

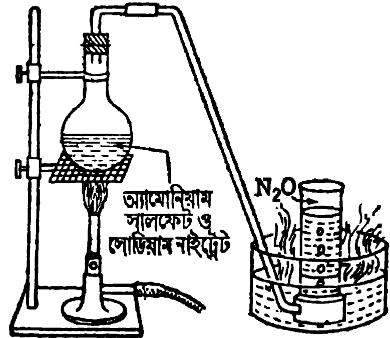


$$(NH_4)_2SO_4+2NaNO_3=2NH_4NO_3+Na_2SO_4$$



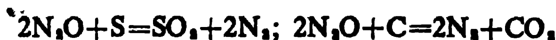
$$NH_4NO_3=N_2O+2H_2O$$

(ii) **রসায়নাগারে প্রস্তুতি** (Laboratory Process)ঃ একটি নির্গম নল ফিট করা গোলাকারতল ফ্লাস্ক ধারকের সাহায্যে তার জালের উপরে বসাইয়া ফ্লাস্কের মধ্যে অ্যামোনিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম নাইট্রেট মিশ্রণ বুন্‌সেন দীপের সাহায্যে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। বিক্রিয়ায় নির্গত গ্যাস **গরম জল** সরাইয়া গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। শীতল জলে নাইট্রাস অক্সাইড দ্রবীভূত হয় কিন্তু গরম জলে ইহা অদ্রবণীয়।



নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুতি

10·24. ধর্ম ঃ (i) নাইট্রাস অক্সাইড মৃদু মিষ্ট গন্ধযুক্ত একটি বর্ণহীন গ্যাস। ইহা শীতল জলে দ্রবণীয় কিন্তু গরম জলে অদ্রবণীয়। (ii) এই গ্যাস নিজে জ্বলে না কিন্তু অক্সিজেনের ন্যায় শিখাহীন জ্বলন্ত পদার্থকে পুনরায় উজ্জ্বল শিখাসহ জ্বলিতে সাহায্য করে। শিখাহীন জ্বলন্ত অঙ্গার, সালফার, ফসফরাস এবং তপ্ত সোডিয়াম, তামা, লোহা ইত্যাদি এই গ্যাসের মধ্যে উজ্জ্বল শিখায় জ্বলিয়া উঠে। উত্তাপের প্রভাবে এই গ্যাস প্রথমে ভাঙ্গিয়া নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনে পরিণত হয় এবং এই অক্সিজেন **দাহকের** ((supporter of combustion) কাজ করে। বিক্রিয়া ঃ $2N_2O\rightarrow2N_2+O_2$



$$2N_2O+S=SO_2+2N_2;\ 2N_2O+C=2N_2+CO_2$$



$$N_2O+Cu=CuO+N_2;\ N_2O+2Na=N_2+Na_2O$$

(iii) ইহা একটি নিরপেক্ষ বা প্রশম (neutral) অক্সাইড। তাই এই গ্যাসের সংস্পর্শে জলসিক্ত লিটমাস কাগজের কোন বর্ণান্তর ঘটে না।

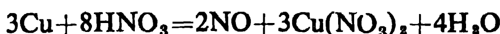
(iv) নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাসটিতে শ্বাস নিলে স্নায়বিক উত্তেজনা ঘটে। এই গ্যাসে অতিরিক্ত শ্বাস নিলে জ্ঞান হারাইয়া মৃত্যু হইতে পারে। এই গ্যাস অস্ত্রোপচারের কাজে অজ্ঞান বা অসাড় করার জন্য ডাক্তারেরা ব্যবহার করিয়া থাকেন। নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাসটি **লাফিং গ্যাস** (laughing gas) নামেও পরিচিত। ইহাতে স্বল্প পরিমাণে শ্বাস নিলে হাসির উদ্রেক হয়।

ব্যবহার (uses) : এই গ্যাস দন্ত চিকিৎসা ও অস্ত্রোপচারে বিবশক (anaesthetic) রূপে ব্যবহার করা হয়।

নাইট্রিক অক্সাইড

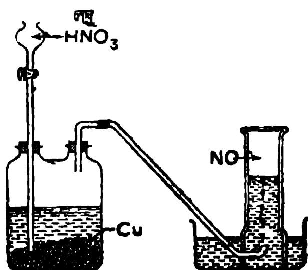
নাইট্রিক অ্যাসিড এবং ধাতব কপারের বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেনডাই অক্সাইড নামক গ্যাস দুইটি তৈরী করা যায়। এরূপ বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অক্সাইড তৈরী হইবে, না নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড তৈরী হইবে, তাহা নির্ভর করে নাইট্রিক অ্যাসিডের **ঘনত্বের** উপরে। এই গ্যাসটি আবিষ্কার করেন বিজ্ঞানী প্রিস্টলী।

10·25. রসায়নাগারে প্রস্তুতি (Laboratory process) : **অর্ধ-লঘু** (1:1) নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে কপারের (তামা) বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অক্সাইড তৈরী হয়।



$$3Cu+8HNO_3=2NO+3Cu(NO_3)_2+4H_2O$$

একটি দীর্ঘনল ফানেল ও একটি নির্গম নলযুক্ত উলফ্ বোতলের মধ্যে কিছু তামার কুচি লওয়া হয়। ফানেলের লম্বা নল বোতলের তলা পর্যন্ত স্পর্শ করে। এখন ফানেলের মাধ্যমে অর্ধ-ঘন নাইট্রিকঅ্যাসিড (অর্ধেক জল+অর্ধেক ঘনঅ্যাসিড) ঢালিলে প্রথমে উলফ্ বোতলে বাদামী রঙের গ্যাস তৈরী হয়। ইহা নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড। নির্গম-নল দিয়া এই রঙিন গ্যাস বাহির হইয়া গেলে ইহার পরে যে গ্যাস তৈরী হয় তাহা বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড। গ্যাসজারে জল সরাইয়া নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস সংগ্রহ করা হয়।

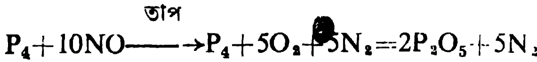


নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুতি

10·26. নাইট্রিক অক্সাইডের ধর্ম : (i) নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস বর্ণহীন ও জলে দ্রবণীয়। (ii) এই গ্যাস অতি সহজেই অক্সিজেনের সঙ্গে সংযুক্ত হইয়া বাদামী রঙের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গঠন করে। তাই নাইট্রিক অক্সাইড ভরা গ্যাস-জারের ঢাকনি সরাইলেই বর্ণহীন গ্যাসটি বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে মিশিয়া বাদামী রঙের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। বিক্রিয়া:

$2NO+O_2=2NO_2$. উলফ্ বোতলের মধ্যে যে বায়ু থাকে নাইট্রিক অক্সাইড সেই বায়ুর সঙ্গে মিশিয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গঠন করে বলিয়াই উলফ্ বোতলের মধ্যে গ্যাসের প্রথম অংশটি দেখিতে বাদামী।

(iii) নাইট্রিক অক্সাইডের মধ্যে জ্বলন্ত অঙ্গার বা গন্ধক রাখিলে তাহা নিভিয়া যায়। কিন্তু জ্বলন্ত ফসফরাস নাইট্রিক অক্সাইডকে বিশ্লিষ্ট করিয়া জ্বলিতে থাকে।



$$P_4+10NO \xrightarrow{\text{তাপ}} P_4+5O_2+5N_2=2P_2O_5+5N_2$$

(vi) ইহা ফেরাস সালফেটের সঙ্গে একটি জটিল বাদামী যৌগ গঠন করে। একটু তাপেই ইহা ভাঙ্গিয়া যায়। $FeSO_4+NO \rightleftharpoons [FeSO_4.NO]$

(v) ইহা একটি নিরপেক্ষ বা প্রশম গ্যাস। তাই, ইহার সংস্পর্শে সিক্ত লিটমাস কাগজের বর্ণ অপরিবর্তিত থাকে।

ব্যবহার ঃ চেম্বার পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে ইহা ব্যবহৃত হয়।

নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড

10·27. প্রস্তুতি ঃ আরসেনিয়াস অক্সাইড (As_2O_3) ও নাইট্রিক অ্যাসিড একত্রে পাতিত করিলে নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত নয়। এই গ্যাস হিমমিশ্রণে শীতল করিলে নীল বর্ণের তরলে পরিণত হয়। বিক্রিয়া $As_2O_3+2HNO_3=As_2O_5+H_2O+N_2O_3$

ইহা উত্তাপে ভাঙ্গিয়া নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। বিক্রিয়াঃ



$$N_2O_3 \rightleftharpoons NO+NO_2$$

ইহা জলের সঙ্গে নাইট্রাস-অ্যাসিড গঠন করে এবং ক্ষারের সঙ্গে গঠন করে নাইট্রাইট যৌগ।

বিক্রিয়া ঃ $N_2O_3+H_2O=2HNO_2$ (নাইট্রাস অ্যাসিড)

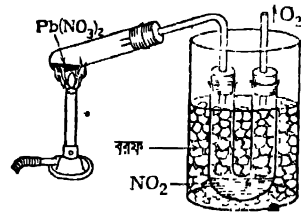


$N_2O_3+2NaOH=2NaNO_2$ (সোডিয়াম নাইট্রাইট) $+H_2O$

নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড

10·28. প্রস্তুতি ঃ রসায়নাগারে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড তৈরী করা হয় লেড নাইট্রেটকে $[Pb(NO_3)_2]$ উচ্চ তাপে বিশ্লিষ্ট করিয়া।

বিক্রিয়া ঃ $2Pb(NO_3)_2=2PbO+4NO_2+O_2$.

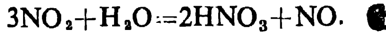


নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

একটি নির্গম-নল ফিট করা মোটা পরীক্ষা-নলের মধ্যে লেড নাইট্রেট লওয়া হয়। নির্গম-নলটি কর্কের সাহায্যে U-নলের মুখে সংযুক্ত করা হয়। U-নলটি একটি বিকার ভরা বরফ ও লবণ মিশ্রণ অর্থাৎ হিম-মিশ্রণের (freezing mixture) মধ্যে বসাইতে হয়। মোটা পরীক্ষা নলটি ধারকের সাহায্যে ফিট করিয়া বুনসেন দীপে উত্তপ্ত করা হয়। দেখা যায়, বাদামী রঙের নাইট্রোজেন ডাই-

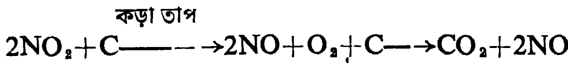
অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হইয়া U-নলে প্রবেশ করে এবং U-নলের হিমতায় হলদে তরলে পরিণত হয়।

10·29. নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের ধর্ম : (i) স্বাভাবিক অবস্থায় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড বাদামী রঙের গ্যাস কিন্তু হিমতার প্রভাবে ইহা হরিদ্রাভ তরলে পরিণত হয়। (ii) এই ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করে। বিক্রিয়া :



$$3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO.$$

(iii) সাধারণ নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে জ্বলন্ত অঙ্গার বা গন্ধক আনিয়া ধরিলে তাহা নিভিয়া যায় ; কিন্তু প্রজ্বলন তীব্র হইলে জ্বলন্ত অঙ্গার বা গন্ধক জ্বলিতে পারে। নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ভাঙ্গিয়া নাইট্রিক অক্সাইড ও অক্সিজেন তৈরী হয়। সেই অক্সিজেনই জ্বলন্ত অঙ্গার ও গন্ধককে জ্বলিতে সাহায্য করে। বিক্রিয়া :

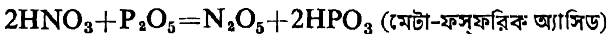


$$2NO_2+C\xrightarrow{\text{কড়া তাপ}}2NO+O_2+C\longrightarrow CO_2+2NO$$

ব্যবহার : নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড

10·30. প্রস্তুতি : নাইট্রিক অ্যাসিডকে অনার্দ্র করা সম্ভব হইলেই নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড তৈরী করা যায়। কারণ, নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিডের **অনার্দ্রক অংশ** (anhydride) ; ফসফরাস পেন্টক্সাইড (P_2O_5) একটি বিশিষ্ট আর্দ্রতা বিশোষক পদার্থ। ফসফরাস পেন্টক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া পাতিত করিলে ইহা নাইট্রিক অ্যাসিডের জলীয় অংশ শুষিয়া লয় বলিয়া নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড গঠিত হয়। বিক্রিয়া :



$$2HNO_3+P_2O_5=N_2O_5+2HPO_3 \text{ (মেটা-ফস্ফরিক অ্যাসিড)}$$

10·31. ধর্ম : (i) ইহা একটি **জলাকর্ষী** (hygroscopic) বর্ণহীন স্ফটিক। কিন্তু 0°C তাপমাত্রায় ইহা প্রথমে বাদামী তরলে এবং 50°C তাপমাত্রায় বাদামী নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। বিক্রিয়া : $2N_2O_5=4NO_2+O_2$

(ii) ইহা জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড গঠন করে। তাই, ইহা একটি অ্যাসিডধর্মী অক্সাইড এবং ইহাকে নাইট্রিক অ্যাসিডের **নিরুদক** (anhydride) বলা হয়। বিক্রিয়া :



$$N_2O_5+H_2O=2HNO_3$$

(iii) ইহার বাষ্পে জ্বলন্ত অঙ্গার উজ্জ্বলভাবে জ্বলিতে থাকে।

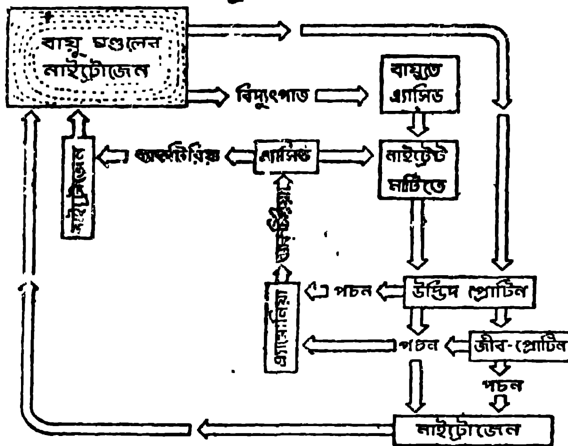
ব্যবহার : ইহা জলাকর্ষী বিশোষক।

10·32. নাইট্রোজেন চক্র (Nitrogen Cycle) **:** বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন বিদ্যুৎক্ষরণে প্রথমে অক্সাইড গঠন, পরে বায়ুর জলীয় বাষ্পের সংযোগে নাইট্রিক অ্যাসিডে রূপান্তর, বৃষ্টিপাতের

নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইডের তুলনা

নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O)	নাইট্রিক অক্সাইড (NO)	নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড (N_2O_3)	নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (NO_2)	নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড (N_2O_5)
1. বর্ণহীন গ্যাস।	বর্ণহীন গ্যাস ;	বাদামী গ্যাস ;	বাদামী গ্যাস ;	সাদা বর্ণের কঠিন পদার্থ ; (0°C) নীচে)
2. নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারণে তৈরী করা যায়। 3. ইহা বায়ুর সঙ্গে মিশিয়া বাদামী ধোঁয়া (NO_2) তৈরী করিতে অক্ষম।	নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারণে তৈরী করা হয়। বায়ুর সঙ্গে মিশিয়া বাদামী ধোঁয়া (NO_2) তৈরী করে ; ($2NO+O_2=2NO_2$) ;	নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারণে তৈরী করা যায়। স্বাভাবিক তাপে বাদামী ধোঁয়া তৈরী হয়। ($N_2O_2 \rightarrow NO+NO_2$)	নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারণে তৈরী করা যায়। নিজেই বাদামী গ্যাস। শীতল জলে HNO_3 ও HNO_2 তৈরী করে।	নাইট্রিক অ্যাসিড নিরুদকে তৈরী করা যায়। তাপের প্রভাবে সহজেই বাদামী ধোঁয়ায় (NO_2) পরিণত হয়।
4. শীতল জলে দ্রবণীয়, গরম জলে অদ্রবণীয়। 5. নিরপেক্ষ অক্সাইড।	জলে অতি সামান্য পরিমাণে দ্রবণীয়। নিরপেক্ষ অক্সাইড।	জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় নাইট্রাস অ্যাসিড তৈরী করে। ($N_2O_3+H_2O=2HNO_2$)	গরম জলে NO ও HNO_3 তৈরী হয় ; অ্যাসিডধর্মী ;	জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করে। অ্যাসিডধর্মী অক্সাইড ;
6. দাহক : তাপের প্রভাবে N_2 এবং O_2 তৈরী হয়; জ্বলন্ত C,S,P,Na Mg ইহার মধ্যে তীব্র শিখায় জ্বলিয়া উঠে।	উচ্চতর তাপে ইহার মধ্যে C, S,P,Na,Mg ইত্যাদির দহন সম্ভব হয়।	উচ্চতর চাপে C,S,P, Na, Mg ইত্যাদির দহন সম্ভব।	NO এর ন্যায় উচ্চতর তাপে C,S,P,Na Mg, ইত্যাদিব দহন সম্ভব।	
7. অক্সিজেনের ন্যায় শিখাহীন জ্বলন্ত পাঁটকাঠি প্রজ্বলিত করে।	ইহা শিখাহীন জ্বলন্ত পাট-কাঠি প্রজ্বলিত করিতে পারে না।	শিখাহীন জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রজ্বলিত করিতে পাবে না।	শিখাহীন জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রজ্বলিত কবিতে পারে না।	
8. জারক দ্রব্য।	জারক দ্রব্য।	জারক দ্রব্য।	জারক দ্রব্য।	জারক দ্রব্য
9. শীতল জলে দ্রবণীয়।	ফেরাস সালফেট দ্রবণ ইহা শোষণ করে। ($FeSO_4$, NO)		ঘন H_2SO_4 ও $NaOH$ বা KOH—এই গ্যাস শোষণ করে।	

ফলে এই অ্যাসিডের ভূ-পতন ও মাটিস্থ ক্ষারীয় বা ক্ষারীয় মৃত্তিকার সংযোগে নাইট্রেট লবণ গঠন করে এবং সাররূপে ইহা গৃহীত হইয়া এই অজৈব যৌগ উদ্ভিদ দেহে প্রোটিন রূপে জৈব যৌগে পরিণত হয়। ছোলা বা শিমজাতীয় কয়েকটি উদ্ভিদ প্রত্যক্ষভাবে বায়ুর নাইট্রোজেন গ্রহণ করিয়া প্রোটিন গঠন করে। প্রাণী এই উদ্ভিজ্জ প্রোটিন আহাররূপে গ্রহণ করিয়া প্রাণীজ প্রোটিনে রূপান্তরিত করে। মৃত উদ্ভিদ বা প্রাণী-দেহের প্রোটিন পচিয়া ও প্রাণীর মল-মূত্র আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া



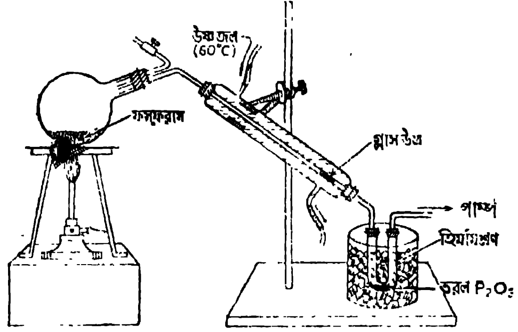
অ্যামোনিয়া গঠিত হয়। এই অ্যামোনিয়া আংশিকভাবে পুনরায় নাইট্রেট লবণে পরিণত হয় এবং বাকী অংশ হইতে মুক্ত নাইট্রোজেন উৎপন্ন হইয়া বায়ুমণ্ডলে ফিরিয়া যায়। নাইট্রোজেনের এরূপ আদান প্রদানের ফলে বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেনের পরিমাণ মূলত অপরিবর্তিত থাকে। এরূপ নাইট্রোজেন আদান প্রদানের পদ্ধতিকে বলা হয় **নাইট্রোজেন চক্র**।

ফসফরাসের বিভিন্ন অক্সাইড

ফসফরাস ট্রাই অক্সাইড (Phosphorus trioxide)

10·33. প্রস্তুতি : বাষ্পীয় অবস্থায় ইহার যথার্থ আণবিক সংকেত—P_4O_6. ফসফরাসকে স্বল্প বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড তৈরী হয়। বিক্রিয়া : $4P+3O_2=P_4O_6$ এরূপ পদ্ধতিতে উৎপন্ন ট্রাই অক্সাইডের (P_4O_6) সঙ্গে স্বল্প পরিমাণে ফসফরাস পেন্টক্সাইড (P_4O_{10}) মিশ্রিত থাকে। ফসফরাস পেন্টক্সাইড 60°C তাপমাত্রায় কঠিন আকার লাভ করে কিন্তু ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে। একটি ফ্লাস্কের মধ্যে স্বল্প বায়ুতে ফসফরাস জারিত করিয়া প্রথমে মিশ্র ট্রাই ও পেন্টক্সাইড গ্যাস তৈরী করা হয় এবং মিশ্র গ্যাস স্বল্প গ্লাস-উল-ভরা একটি কাচের নলের ভিতর দিয়া চালানো হয়। এই নলটি একটি কাচের জ্যাকেটে আবৃত থাকে। কাচের নলের ভিতর দিয়া মিশ্র গ্যাস চালাইবার সময়

জ্যাকেটের ভিতর দিয়া 60°C তাপমাত্রায় উষ্ণ জল প্রবাহিত করা হয়। ইহার ফলে ফসফরাস পেন্টক্সাইড (P_4O_{10}) কঠিন আকারে নলের গ্লাস-উলের মধ্যে সঞ্চিত হয় এবং ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড গ্যাসীয় অবস্থায় কাচের নল হইতে নির্গত হইয়া হিমমিশ্রণের (বরফ লবণ) মধ্যে স্থাপিত একটি U-নলে প্রবেশ করিয়া তরল আকার লাভ করে। কাচের নলের গ্যাসের প্রবাহ অব্যাহত রাখার জন্য নিষ্কাশন পাম্প ব্যবহার করা হয়।

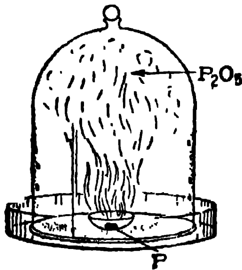


ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

10·34. ধর্ম (Properties) : (i) **ভৌত ধর্ম** : গলনাংক—23·8°C; স্ফুটনাংক 178°C; ইহা অত্যন্ত বিষাক্ত। (ii) **রাসায়নিক ধর্ম** : ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড বর্ণহীন কেলাসিত পদার্থ। ইহাতে রসুনের গন্ধ পাওয়া যায়। ট্রাই-অক্সাইড বায়ুর সংস্পর্শে সহজেই পেন্টক্সাইডে পরিণত হয়। উত্তপ্ত করিলে ইহা সবুজ শিখায় জ্বলিয়া ওঠে। ইহা একটি বিজারক পদার্থ। ইহা অ্যাসিড-ধর্মী অক্সাইড বলিয়া জলের বিক্রিয়ায় ফসফরাস অ্যাসিড গঠন করে। বিক্রিয়া : $P_4O_6+2O_2=P_4O_{10}$; $P_5O_6+6H_2O=4H_3PO_3$ (ফসফরিক অ্যাসিড) ; ক্লোরিন গ্যাসের মধ্যে স্বতঃস্ফূর্ত ভাবে জ্বলিয়া ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড ($POCl_3$) গঠন করে।

ফসফরাস পেন্টক্সাইড (Phosphorus pentoxide)

10·35. ফসফরাস অতিরিক্ত বায়ুতে দহন করিলে ফসফরাস পেন্টক্সাইড তৈরী হয়। বিক্রিয়া : $4P+5O_2=P_4O_{10}$ (ফসফরাস পেন্টক্সাইড)। একটি কাচের বাটি বা চামচের মধ্যে সাদা ফসফরাসকে বেলজারের মধ্যে রাখিয়া প্রজ্বলিত করিলে প্রচুর ধোঁয়ার আকারে ফসফরাস পেন্টক্সাইড তৈরী হয় এবং ইহা পাউডারের আকারে বেলজারে সঞ্চিত হয়।

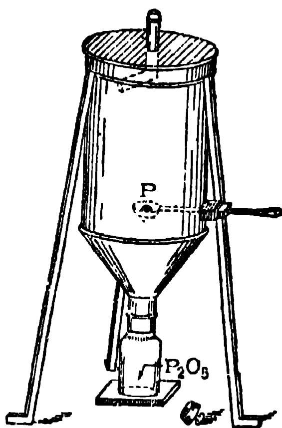


বেলজারের মধ্যে ফসফরাস পেন্টক্সাইড প্রস্তুতি

বৃহদায়তন উৎপাদন পদ্ধতি (Large scale production) : বৃহদায়তনে ফসফরাস পেন্টক্সাইড তৈরী করা হয় লোহার সিলিণ্ডারের মধ্যে সাদা ফসফরাস পোড়াইয়া বা জারিত করিয়া। এরূপ সিলিণ্ডারের একপাশে একটি আগম-নল ফিট করা থাকে। একটি তামার চামচে ফসফরাস রাখিয়া তাহা এই আগম নলের মাধ্যমে সিলিণ্ডারের ভিতর স্থাপন করা হয়। সিলিণ্ডারের তলায় একটি বোতল স্থাপিত থাকে। সিলিণ্ডারের বায়ুর মধ্যে ফসফরাস দহনের ফলে যে ফসফরাস পেন্টক্সাইড তৈরী হয় তাহা পাউডাররূপে সংগৃহীত হয়।

এরূপ উপায়ে প্রাপ্ত ফসফরাস পেন্টক্সাইডের সঙ্গে স্বল্প পরিমাণে ট্রাই-অক্সাইড (P_4O_6) মিশ্রিত থাকে। তাই এরূপ ফসফরাস পেন্টক্সাইড আবদ্ধ কাচের নলের মধ্যে রাখিয়া শুষ্ক বায়ু অথবা বিশুদ্ধ অক্সিজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করা হয় এবং ট্রাই-অক্সাইডকে জারিত করিয়া বিশুদ্ধ পেন্টক্সাইড তৈরী করা হয়।

10·36. ধর্ম ঃ ফসফরাস পেন্টক্সাইড দেখিতে সাদা পাউডারের ন্যায়। বিশুদ্ধ অবস্থায় ইহার কোন গন্ধ নাই। আয়োডিন ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের ন্যায় ইহাকেও তাপের প্রভাবে ঊর্ধ্বপাতিত (sublimation) করা যায়। ফসফরাস পেন্টক্সাইড সবচেয়ে **ক্ষমতাশালী বিশোষক** (dehydrating agent)। অতি সহজেই ইহা জলীয় বাষ্প শোষণ করিতে পারে বলিয়া ডেসিকেটার অথবা গ্যাস টাওয়ারের মধ্যে গ্যাস, তরল বা কঠিন অবস্থায় প্রাপ্ত আর্দ্র পদার্থ শুষ্ক করিবার জন্য ফসফরাস পেন্টক্সাইড ব্যবহার করা হয় এবং ইহা জল শোষণ করিয়া সিক্ত হইয়া যায়। ইহা একটি অ্যাসিডধর্মী অক্সাইড। শীতল জলের সঙ্গে হিস্ হিস্ শব্দ করিয়া ইহা মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড (meta-phosphoric acid) এবং গরম জলের সঙ্গে অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড (orthophosphoric acid) গঠন করে। বিক্রিয়া ঃ

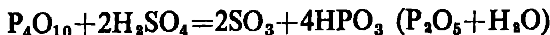


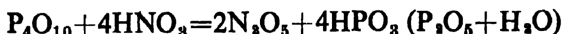
বৃহদায়তন প্রস্তুতি


$P_4O_{10}+2H_2O=4HPO_3$ (মেটা-ফস্ফরিক অ্যাসিড)


$P_4O_{10}+6H_2O=4H_3PO_4$ (অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড)

ইহা সালফিউরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিডের জলীয় অংশ শোষণ করিয়া যথাক্রমে সালফার ট্রাই অক্সাইড (SO_3) ও নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড (N_2O_5) উৎপাদন করে।


$$P_4O_{10}+2H_2SO_4=2SO_3+4HPO_3\ (P_2O_5+H_2O)$$


$$P_4O_{10}+4HNO_3=2N_2O_5+4HPO_3\ (P_2O_5+H_2O)$$

ব্যবহার ঃ জল বিশোষক রূপে ও যুদ্ধে ধূম্রজাল সৃষ্টি করার জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়।

10·37. ফসফরাস টেট্রক্সাইড (P_4O_8) নামেও ফসফরাসের আর একটি অক্সাইড আছে। তরল ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড আবদ্ধ পাত্রে 440°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ইহা উৎপন্ন হয়।

প্রশ্ন

1. রসায়নাগারে কার্বন ডাই-অক্সাইড কিভাবে তৈরী করা হয়? বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও। কার্বন ডাই-অক্সাইডের চারিটি প্রধান প্রধান ধর্ম এবং দুই প্রকার ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। সোডিয়াম কার্বনেটকে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট এবং পাল্টাভাবে উহাদের কি কি করিয়া পরিবর্তন করিবে?

2. কি পরিবর্তন হইবে, সমীকরণ সহ বর্ণনা কর :—

(a) ক্যালসিয়াম কার্বনেট বেশি মাত্রায় উত্তপ্ত করিলে; (b) ঘন সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালিত করিলে; (c) লোহিত তপ্ত কার্বন স্তরের মধ্যে কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস চালিত করিলে; (d) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসপূর্ণ জারে জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম প্রবেশ করাইলে।

প্রত্যেক ক্ষেত্রে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থের (কঠিন, তরল বা দ্রবণ, গ্যাসীয়) বর্ণ ও অবস্থা উল্লেখ কর এবং উপরোক্ত (d) প্রশ্নে লক্ষণীয় পরিবর্তনের বর্ণনা কর।

3. (i) রসায়নাগারে এবং বাণিজ্যিক পদ্ধতিতে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতির বর্ণনা কর। প্রয়োজনীয় যন্ত্রের চিত্র অঙ্কন কর এবং সমীকরণ দাও।

(ii) কি পরিবেশে কার্বন ডাই-অক্সাইড (a) অঙ্গার (b) ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়া ঘটায় এবং বিক্রিয়ার উৎপন্ন পদার্থগুলি কি কি?

4. চুনা পাথর হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি H_2SO_4-এর পরিবর্তে HCl ব্যবহার করা হয় কেন উহার ব্যাখ্যা কর।

5. রসায়নাগারে কার্বন মনক্সাইডের প্রস্তুতি, বিশুদ্ধিকরণ, ও সংগ্রহের বর্ণনা কর। ইহার ধর্মের সহিত কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্মের তুলনা কর। কার্বন মনক্সাইডের দুই প্রকার ব্যবহার উল্লেখ কর।

হাইড্রোজেন ভরা একটি গ্যাসজার হইতে কি প্রকারে কার্বন মনক্সাইড-পূর্ণ একটি গ্যাস জারের পার্থক্য নির্ণয় করিবে?

6. রসায়নাগারে কার্বন মনক্সাইডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। কি প্রকারে (a) কার্বন ডাই-অক্সাইড ও (b) হাইড্রোজেন হইতে এই গ্যাসের পার্থক্য বঝিতে পারিবে?

কার্বন মনক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড, এই দুইটি গ্যাসের মিশ্রণ হইতে কি ভাবে কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং কার্বন মনক্সাইড গ্যাসের নমুনা—একটি হইতে আরকটি মুক্ত অবস্থায় পাইবে?

7. যাহাদের বিরঞ্জন ধর্ম বর্তমান, এইরূপ দুইটি গ্যাসের নাম কর এবং সংকেত দাও। উহাদের বিরঞ্জন ক্রিয়ার প্রকৃতির বিবরণ দাও। রাসায়নাগারে এই গ্যাস দুইটি কি প্রকারে প্রস্তুত এবং সংগ্রহ করা হয় উহার বর্ণনা কর এবং জারণ অথবা বিজারণ ক্রিয়া যাহাই হউক উহার দুইটি উদাহরণ দাও।

8. রসায়নাগারে শুষ্ক সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস কি প্রকারে তৈরী এবং সংগ্রহ করা হয়?

(a) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের জলীয় দ্রবণ, (b) ক্লোরিন জল, এবং (c) চুন জল, ইত্যাদির সহিত সালফার ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়ায় কি ঘটে উহার বিবরণ দাও। (কি সুস্পষ্ট পরিবর্তন হয় তাহা বিবৃত কর এবং বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও।)

9. সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে শুষ্ক সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতির বিবরণ দাও। ইহার বৃহদায়তনে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে জারিত হওয়ার শর্ত বিবৃত কর। ক্লোরিন এবং সালফার ডাই-অক্সাইডের বিরঞ্জন ক্রিয়ার তুলনা দ্বারা পার্থক্য দেখাও।

10. কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সিলিকন ডাই-অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইডের কি কি সাদৃশ্য দেখা যায়? সিলিকার ব্যবহার কি?

11. সিলিকা কঠিন আকারে পাওয়া যায় কেন? কিভাবে অনিয়তাকার সিলিকা তৈরী করা যায়? সিলিকার সঙ্গে ক্ষার ও ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর অক্সাইডের দুইটি বিক্রিয়া লিখ। সিলিকার উপর জল, বায়ু ও অ্যাসিডের বিক্রিয়া কিরূপ?

12. কিভাবে নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের ট্রাই-অক্সাইড ও পেন্টক্সাইড তৈরী করা যায়। জলের সহিত ইহাদের বিক্রিয়া লিখ।

13. কি হইবে লিখ: (i) নাইট্রিক অক্সাইডের জারের মুখ খোলা রাখিলে (ii) নাইট্রাস অক্সাইডের স্বল্পকাল গন্ধ গ্রহণ করিলে, (iii) নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড উত্তপ্ত করিলে (iv) ফসফরাস পেন্টক্সাইডের সঙ্গে জল মিশ্রিত করিলে।

14. নাইট্রোজেনের অক্সাইডগুলির বিভিন্ন ধর্মের তুলনা কর।

11

অক্সি অ্যাসিড

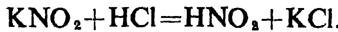
(Oxyacids)

যে সকল খনিজ-দ্রব্য জাত অ্যাসিডে বা অজৈব খনিজ অ্যাসিডে (mineral acids) অক্সিজেন বর্তমান সেরূপ অ্যাসিডকে অক্সি-অ্যাসিড (Oxyacid) বলা হয়। নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3), সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) এবং ফসফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4)—এরূপ প্রধান অক্সি-অ্যাসিড। নাইট্রিক অ্যাসিড স্বাভাবিক তাপমাত্রায় তরল এবং উদ্বায়ী, কিন্তু ফসফরিক অ্যাসিড কঠিনাকার। সালফিউরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিড গুরুত্বপূর্ণ রাসায়নিক দ্রব্যরূপে পরিচিত। বস্তুত, সালফিউরিক অ্যাসিডের উৎপাদন যে কোন দেশের শিল্প প্রগতির অন্যতম সূচক স্বরূপ। ফসফরিক অ্যাসিড প্রধানত ফসফেট জাতীয় সার তৈরী করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

নাইট্রোজেন, সালফার ও ফসফরাসের তিনটি মৃদু অ্যাসিড ধর্মী অক্সি অ্যাসিড পাওয়া যায়। ইহাদের নাম,—নাইট্রাস অ্যাসিড (HNO_2), সালফিউরাস অ্যাসিড (H_2SO_3) এবং ফসফরাস অ্যাসিড (H_3PO_3); ফসফরাস অ্যাসিড পৃথক ভাবে কঠিনকারে সংগ্রহ করা যায়, কিন্তু নাইট্রাস অ্যাসিড ও সালফিউরাস অ্যাসিডদ্বয়কে, কার্বনিক অ্যাসিডের (H_2CO_3) ন্যায় ইহাদের জলীয় দ্রবণ হইতে বিচ্ছিন্ন করা যায় না। কিন্তু ইহারা ধাতু বা ধাতুর অক্সাইডের সঙ্গে স্থায়ী নাইট্রাইট (KNO_2), সালফাইট ($CaSO_3$) এবং ফসফাইট [$Mg_3(PO_3)_2$] যৌগ কঠিন করিতে পারে।

নাইট্রাস অ্যাসিড (Nitrous Acid)

11·1. প্রস্তুতি : ধাতব নাইট্রাইট লবণের সঙ্গে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া নাইট্রাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ তৈরী করা যায়। বিক্রিয়া :



$$KNO_2 + HCl = HNO_2 + KCl.$$

নাইট্রাস অ্যাসিড জলীয় দ্রবণেও অস্থায়ী। ইহা স্বাভাবিক তাপমাত্রাযও নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। বিক্রিয়া :

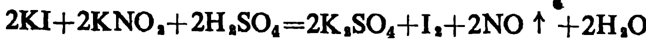
$3HNO_2 = HNO_3 + H_2O + 2NO \uparrow$; স্থায়ী ক্ষারীয় নাইট্রেট লবণ ধাতব সীসার সঙ্গে উত্তপ্ত ও বিগলিত করিয়া ক্ষারীয় নাইট্রাইট লবণ গঠন করা যায়। বিক্রিয়া :



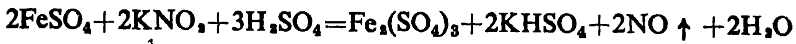
$$NaNO_3 + Pb = NaNO_2 + PbO.$$

11·2. নাইট্রাস অ্যাসিডের ধর্ম : ইহা নীলাভ বর্ণের একটি মনোবেসিক মৃদু অ্যাসিড। ইহা স্বাভাবিক তাপমাত্রায়ও নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। নাইট্রাস অ্যাসিড এবং ইহার নাইট্রাইট লবণ একাধারে **জারণ ও বিজারণ** ক্ষমতার অধিকারী। ইহা

জারণ ক্রিয়া দ্বারা পটাসিয়াম আয়োডাইডকে আয়োডিনরূপে এবং সালফিউরিক অ্যাসিডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে এবং ফেরাস সালফেটকে ফেরিক সালফেটে পরিণত করে। বিক্রিয়া ঃ



$$2KI+2KNO_2+2H_2SO_4=2K_2SO_4+I_2+2NO\uparrow+2H_2O$$



$$2FeSO_4+2KNO_2+3H_2SO_4=Fe_2(SO_4)_3+2KHSO_4+2NO\uparrow+2H_2O$$

পক্ষান্তরে আয়োডিন ও পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেটকে ($KMnO_4$) বিজারিত করে।

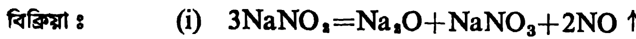
বিক্রিয়া ঃ 

$$I_2+2KNO_2+2H_2O=2KI+2HNO_3+H_2\uparrow$$



$$2KMnO_4+3H_2SO_4+5HNO_2=K_2SO_4+2MnSO_4+3H_2O+5HNO_3$$

উচ্চতাপে ক্ষারীয় নাইট্রাইট বিয়োজিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন তৈরী করে।

বিক্রিয়া ঃ 

$$\text{(i)}\quad 3NaNO_2=Na_2O+NaNO_3+2NO\uparrow$$



$$\text{(ii)}\quad 5NaNO_2=Na_2O+3NaNO_3+N_2\uparrow$$

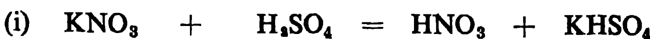
ব্যবহার ঃ নাইট্রাইট লবণ এবং জৈব নাইট্রাইট যৌগ গঠনে এই অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

নাইট্রিক অ্যাসিড (Nitric Acid)

11·3. পরিচয় ঃ নাইট্রিক অ্যাসিডের নাম ছিল **তেজী জল—"অ্যাকোয়া ফরটিস"** (aqua fortis)। আরব রসায়নী জবির-ইবন হাইয়ান **সোরা** (nitre), **হিরাকস** (ferrous sulphate),. **ফটকিরি** (alum) একসঙ্গে পাতিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করেন। সতের শতকে সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে সোরা জ্বাল দিয়া বিজ্ঞানী গ্লবার (Glauber) আধুনিকপন্থায় নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করার উপায় উদ্ভাবন করেন। গে-লুসাক নাইট্রিক অ্যাসিডের ফর্মুলা স্থির করেন—HNO_3

প্রাকৃতিক প্রাপ্তি (Occurrence) ঃ বায়ুমণ্ডলে অল্প পরিমাণে মুক্ত নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। সোরা বা পটাসিয়াম নাইট্রেট (KNO_3), চিলি সল্টপিটার (Chile saltpetre) সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করা যায়।

11·4. রসায়নাগারে প্রস্তুতি (Laboratory process) ঃ রসায়নাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করা হয় ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে সোরা বা চিলির লবণ অর্থাৎ পটাসিয়াম বা সোডিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত করিয়া। বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইলে উৎপন্ন হয় ঃ

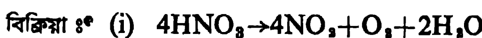


$$\text{(i)}\quad KNO_3 + H_2SO_4 = HNO_3 + KHSO_4$$



$$\text{(ii)}\quad 2KNO_3 + H_2SO_4 = 2HNO_3 + K_2SO_4$$

উচ্চতাপে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ না হওয়ার কারণ ঃ (i) উচ্চ তাপে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী হওয়ার সঙ্গে সঙ্গেই ইহা ভাঙ্গিয়া আবার নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন ও জল তৈরী করে।

বিক্রিয়া ঃ 

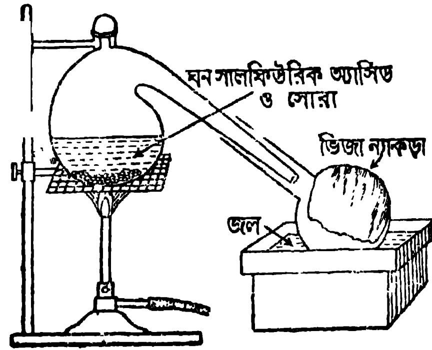
$$\text{(i)}\quad 4HNO_3\rightarrow4NO_2+O_2+2H_2O$$

(ii) নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প বিক্রিয়া পাত্রের কাচের দেওয়ালে ক্ষয় করে। পটাসিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট ($KHSO_4$) যৌগটি বিক্রিয়া পাত্রে তরল অবস্থায় থাকে। তাই বিক্রিয়ায়

ব্যবহৃত রিটর্ট হইতে ইহা বাহির করা সহজ কিন্তু শীতল অবস্থায় পটাসিয়াম সালফেট (K_2SO_4) কঠিন আকারে রিটর্টের মধ্যে জমিয়া দানাদার হইয়া যায় বলিয়া বাহির করা কষ্টকর।

(iii) নাইট্রিক অ্যাসিড অধিকতর উদ্বায়ী (volatile) বলিয়া অপেক্ষাকৃত কম উদ্বায়ী সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা নাইট্রেট লবণ বিশ্লিষ্ট করিয়া ইহার উৎপাদন সম্ভব হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উদ্বায়ী এবং বিজারক তাই, ইহা সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ব্যবহার করা চলে না।

প্রস্তুতি ঃ একটি বকযন্ত্র বা রিটর্টে অল্প পরিমাণে পটাসিয়াম নাইট্রেট লইয়া ইহার মধ্যে প্রায় সমপরিমাণে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশান হয়। বকযন্ত্রটি ধারকের সাহায্যে তার-জালের উপর বসাইয়া বকযন্ত্রের গলাটি একটি গোলাকার ফ্লাস্কের ভিতর রাখা হয়। ফ্লাস্কটি একটি জলভরা পাত্রের মধ্যে রাখিয়া জলধারা দিয়া ন্যাকড়া ভিজাইয়া শীতল করা হয়।



নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

বুনসেন দীপের সাহায্যে রিটর্টে অবস্থিত পটাসিয়াম নাইট্রেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে রিটর্টের মধ্যে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় এবং গ্যাসরূপে নির্গত হইয়া গ্রাহক ফ্লাস্কের মধ্যে গিয়া জমা হয়। এই অ্যাসিডবাষ্প গ্রাহক ফ্লাস্কের শীতল পরিবেশে তরল নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

রসায়নাগারে তৈরী নাইট্রিক অ্যাসিড দেখিতে হরিদ্রাভ। কারণ, এরূপ বিক্রিয়ায় সদ্য উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডের সামান্য অংশ তাপের প্রভাবে ভাঙিয়া কিছু বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডও (NO_2) তৈরী হয় বলিয়া রসায়নাগারে প্রস্তুত নাইট্রিক অ্যাসিডের বর্ণ হরিদ্রাভ। পীত বর্ণের নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে বায়ু প্রবাহিত করিলে অথবা কিছুক্ষণ ফুঁ দিলে ইহা বর্ণহীন হইয়া যায়। কারণ, এরূপ প্রক্রিয়ায় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড বাষ্পায়িত হইয়া যায়।

11·5. ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড (Fuming nitric acid) :

স্টার্চ বা আর্সেনিয়াস অক্সাইড (As_2O_3) এবং ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড একত্র পাতিত করিলে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী হয়। ইহার মধ্যে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (NO_2) এবং নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড (N_2O_3) মিশ্রিত থাকে বলিয়া ইহার বর্ণ দেখিতে বাদামী। এরূপ অ্যাসিড হইতে ধূম নির্গত হয়।

11·6. নাইট্রিক অ্যাসিডের ধর্ম (Properties)

(a) **ভৌত ধর্ম** (Physical properties) ঃ (i) বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড বর্ণহীন তরল, স্বচ্ছ, উদ্বায়ী এবং তীব্র-গন্ধী পদার্থ। স্বাভাবিক তাপেও নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্পায়িত

হয়। (ii) বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিডের গুরুত্ব 1·52 এবং স্ফুটনাংক 36°C; তরল নাইট্রিক অ্যাসিডকে —41.3°C হিমতায় কঠিন পদার্থে পরিণত করা যায়। (iii) জলের সঙ্গে যে-কোন অনুপাতে নাইট্রিক অ্যাসিড মিশানো যায়। (iv) নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড মিশ্রিত থাকিলে ইহার রঙ দেখিতে পীত বর্ণের হয়। হলুদ বর্ণের নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে বায়ু প্রবাহিত করিলে ইহাতে মিশ্রিত নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (NO_2) অপসারিত হয়।

(b) **রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical properties) ঃ (i) **ক্ষয়কারক পদার্থ** (corrosive) ঃ নাইট্রিক অ্যাসিড একটি তেজী অ্যাসিড এবং অত্যন্ত **ক্ষয়কারক পদার্থ**। এই অ্যাসিড গায়ে পড়িলে বেদনাদায়ক ক্ষত সৃষ্টি করে। সিল্ক, তুলা, চামড়া ইত্যাদি জৈব পদার্থ এই অ্যাসিডে ক্ষয় হইয়া যায় এবং জৈব পদার্থের গায়ে হলুদ দাগ পড়ে।

(ii) **অ্যাসিড ধর্ম** (Acidic property)) ঃ নাইট্রিক অ্যাসিডের অ্যাসিড ধর্ম প্রমাণ করা যায় এই ভাবে ঃ

পরীক্ষা ঃ (ক) এক টুকরা নীল লিটমাস কাগজের গায়ে কয়েক ফোঁটা নাইট্রিক অ্যাসিড ফেল। নীল লিটমাস লাল হইয়া যাইবে। (খ) একটি পরীক্ষা-নলে অল্প লঘু ও শীতল নাইট্রিক অ্যাসিড (1—2%) লও এবং তাহার মধ্যে কিছু ম্যাগনেসিয়াম পাউডার ফেলিয়া দাও। দেখিবে ভুর ভুর করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হইবে।


বিক্রিয়া ঃ $Mg+2HNO_3=Mg(NO_3)_2+H_2\uparrow$

(খ) একটি পরীক্ষা-নলে লঘু কস্টিক সোডা (NaOH) দ্রবণ লও এবং তাহার মধ্যে নীল লিটমাস মিশাইয়া দাও। এখন একটি ব্যুরেট হইতে কস্টিক সোডা দ্রবণে ফোঁটা ফোঁটা লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড ফেল। কিছুক্ষণের মধ্যেই নীল লিটমাস মেশানো দ্রবণ ফিকা হইয়া বেগুনী বর্ণ ধারণ করিবে। অতিরিক্ত অ্যাসিড পড়িলে উহা লাল হইয়া যাইবে। এইভাবে নাইট্রিক অ্যাসিড কস্টিক অ্যাসিড ক্ষারকে শমিত (neutralise) করিয়া লবণ ও জল তৈরী করে।


বিক্রিয়া ঃ $HNO_3+NaOH=NaNO_3+H_2O.$

(iii) **তাপের প্রভাব** (Action of heat) ঃ উচ্চ তাপে উত্তপ্ত ঝামা পাথরের (Pumice stone) উপরে ফোঁটা ফোঁটা নাইট্রিক অ্যাসিড ফেলিলে অ্যাসিডের অণুকণা ভাঙ্গিয়া যায় এবং নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্প তৈরী হয় ঃ


$$4HNO_3=4NO_2+O_2+2H_2O$$

(iv) **নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ ক্ষমতা** (Oxidising property) ঃ নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ ক্ষমতা খুব বেশি। নাইট্রিক অ্যাসিড অণুতে (HNO_3) আছে তিন পরমাণু অক্সিজেন। তাপের প্রভাবে নাইট্রিক অ্যাসিড ভাঙ্গিয়া অক্সিজেন (O_2) তৈরী হয়। এই অক্সিজেন সহজেই জারকের কাজ (oxidising agent) করে।

(ক) অঙ্গারের (charcoal) উত্তপ্ত গুড়া, জ্বলন্ত অঙ্গার **ঘন** ও **তপ্ত** নাইট্রিক অ্যাসিডের

মধ্যে ফেলিয়া দিলে ইহারা বিস্ফোরণের আকারে তীব্র শিখায় জ্বলিয়া ওঠে। তপ্ত অঙ্গারকে ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসরূপে জারিত করে ঃ

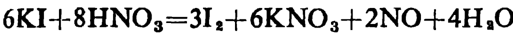


$$C + 4HNO_3 = CO_2 + 4NO_2 + 3H_2O$$

(খ) তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিড সালফারকে জারিত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত করে ঃ $S + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO$

(গ) ফসফরাসকে ঘন ও তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিড জারিত করিয়া ফসফরিক অ্যাসিডে পরিণত করে। বিক্রিয়া ঃ $P_4 + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$

(ঘ) নাইট্রিক অ্যাসিড পটাসিয়াম আয়োডাইড এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এই উভয় পদার্থকেই জারিত করিয়া যথাক্রমে আয়োডিন ও ক্লোরিন উৎপাদন করে।



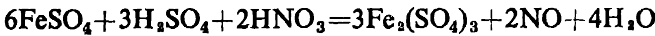
$$6KI + 8HNO_3 = 3I_2 + 6KNO_3 + 2NO + 4H_2O$$



$$3HCl + HNO_3 = Cl_2 + NOCl \text{ (নাইট্রোসিল ক্লোরাইড)} + 2H_2O$$

(ঙ) তপ্ত বা ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে সালফার নির্মুক্ত করেঃ $3H_2S + 2HNO_3 = 3S + 2NO + 4H_2O$

(চ) ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ফেরাস সালফেটকে ($FeSO_4$) ফেরিক সালফেটরূপে [$Fe_2(SO_4)_3$] জারিত করে।



$$6FeSO_4 + 3H_2SO_4 + 2HNO_3 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 2NO + 4H_2O$$

(v) **ধাতুর উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া** (Action of nitric acid on metals) ঃ নাইট্রিক অ্যাসিড সোনা এবং প্লাটিনাম-এর অনুরূপ কয়েকটি ধাতু ছাড়া অন্য সমস্ত ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায়। ইহার অ্যাসিড-ধর্ম ও জারক-ধর্ম—এই উভয় রাসায়নিক ধর্মই প্রবল বিকারক শক্তির কারণ। সাধারণত অ্যাসিডের সঙ্গে ধাতুর বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ও অ্যাসিডের লবণ তৈরী হয়। কিন্তু **অ্যাসিড ধর্ম ছাড়াও নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রবল জারণ ক্ষমতার জন্য অ্যাসিড ও ধাতুর বিক্রিয়ার এরূপ সাধারণ নীতি নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্ষেত্রে সম্পূর্ণভাবে প্রযোজ্য হয় না।** নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে ধাতুর বিক্রিয়ায় কি কি যৌগ গঠিত হইবে তাহা নির্ভর করে, (ক) ধাতুর প্রকৃতি, (খ) অ্যাসিডের ঘনত্ব (strength) (গ) উৎপন্ন দ্রব্যের প্রকৃতি এবং (ঘ) বিক্রিয়ার উত্তাপের উপর। যথা ঃ

1. সোনা, প্লাটিনাম এবং এরূপ কয়েকটি ধাতুর সঙ্গে নাইট্রিক অ্যাসিডের কোন বিক্রিয়া ঘটে না। 2. **ঘন** (concentrated) নাইট্রিক অ্যাসিড লোহা ও ক্রোমিয়াম ধাতুর উপর বিক্রিয়া ঘটাইতে অক্ষম। 3. **শীতল** নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যালুমিনিয়াম ধাতুর অতি সামান্য বিক্রিয়া ঘটে। 4. **লঘু** ও **শীতল** নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে ম্যাগনেসিয়াম ও ম্যাঙ্গানিজ ধাতু হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। 5. অন্যান্য ধাতু নাইট্রিক অ্যাসিডের বিভিন্ন ঘনত্ব ও বিক্রিয়ায় বিভিন্ন তাপমাত্রার অবস্থায় **নাইট্রেট লবণ** এবং **নাইট্রোজেন অক্সাইড, নাইট্রোজেন** বা

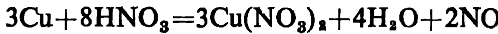
অ্যামোনিয়াম লবণরূপে নাইট্রিক অ্যাসিডকে বিজারিত করে। নাইট্রিক অ্যাসিড একটি জারক দ্রব্য বলিয়া বিক্রিয়ার পরিণামে নিজে বিজারিত হইয়া যায়।

1. **ম্যাগনেসিয়াম (Mg) হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে :** শীতল ও লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড এবং ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর বিক্রিয়া : $Mg + 2HNO_3 = H_2\uparrow + Mg(NO_3)_2$

2. **তামা বা কপার (Cu) এবং HNO_3**

(i) **ঘন (Concentrated) ও তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে :** $Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$

(ii) **শীতল ও মাঝারি ঘন (1:1) HNO_3 নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে :**



$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$$

(iii) **HNO_3 বাষ্পের সহিত উত্তপ্ত Cu কুচির বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয় :** $5Cu + 2HNO_3 = 5CuO + H_2O + N_2$

3. **জিংক (Zn) এবং নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3)**

(i) **ঘন (conc) HNO_3 নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে :**



$$Zn + 4HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$$

(ii) **শীতল ও লঘু HNO_3 অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (NH_4NO_3) উৎপন্ন করে** $4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + 3H_2O + NH_4NO_3$

(iii) **শীতল ও বেশী লঘু HNO_3 নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O) উৎপন্ন করে :** $4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + 5H_2O + N_2O$

(iv) **শীতল ও অর্ধঘন (moderate) নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3) নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে :** $3Zn + 8HNO_3 = 3Zn(NO_3)_2 = 4H_2O + 2NO$

4. **আয়রন (Fe) এবং নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3)**

(i) **শীতল ও লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (NH_4NO_3) উৎপন্ন করে :** $4Fe + 10HNO_3 = 4Fe(NO_3)_2 + 3H_2O + NH_4NO_3$

(ii) **মধ্যম ঘন বা তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3) এবং আয়রনের বিক্রিয়ায় ফেরিক নাইট্রেট [$Fe(NO_3)_3$] ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।**



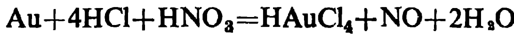
$$Fe + 4HNO_3 = Fe(NO_3)_3 + 2H_2O + NO$$

(iii) ঘন বা ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে আয়রনের কোন বিক্রিয়া ঘটে না।

11·7. নিষ্ক্রিয় লোহা ((Passive iron) : লোহা তথা আয়রন লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে সহজেই দ্রবীভূত হইয়া যায়, কিন্তু ঘন বা ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিডে আয়রণ দ্রবীভূত হয় না। ঘন বা ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড আয়রণের সঙ্গে প্রাথমিক বিক্রিয়ায় আয়রনের উপরে আয়রন অক্সাইডের একটি আস্তরণ পড়ে। আয়রন অক্সাইডের এই প্রলেপ পড়ার ফলে অ্যাসিডের সংস্পর্শ না পাইয়া আয়রন নিষ্ক্রিয় হইয়া যায়। ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডে ডুবাইয়া আয়রনকে নিষ্ক্রিয় করিবার পরে এই নিষ্ক্রিয় লোহা লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে আর দ্রবীভত হয় না।

11·8. অম্লরাজ (Aqua regia) : নাইট্রিক অ্যাসিড সোনা দ্রবীভূত করিতে পারে না। কিন্তু নাইট্রিক অ্যাসিড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ সোনা দ্রবীভূত করিতে পারে। **তিন আয়তন ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং এক আয়তন ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাইয়া যে অ্যাসিড মিশ্রণ (3 Vol. ঘন HCl+1 Vol. ঘন HNO_3) তৈরী করা হয় সেই মিশ্রণকে বলা হয় অম্লরাজ বা ল্যাটিন ভাষায় আকোয়া রিজিয়া;** ইহা একটি উত্তম দ্রাবক। ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় জায়মান ক্লোরিন নির্গত হইয়া দ্রবণীয় ক্লোরাইড যৌগ গঠন করে।

বিক্রিয়া : $HNO_3+4HCl=2H_2O+NOCl$ (নাইট্রোসিল ক্লোরাইড)$+Cl_2$



$Au+4HCl+HNO_3=HAuCl_4+NO+2H_2O$

পারদ, কোবাল্ট এবং নিকেল ধাতুগুলির অদ্রবণীয় সালফাইড অ্যাকোয়া রিজিয়ায় দ্রবীভূত করা যায়।

11·9. নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার (Uses of nitric acid) : নাইট্রো-গ্লিসারিন, পিকরিক অ্যাসিড, টি-এন-টি ইত্যাদি বিস্ফোরক প্রস্তুতি, ধাতু বিগলন ও ধাতুর উপরে লিখন; সালফিউরিক অ্যাসিড, কৃত্রিম রঙ, নাইট্রেট লবণ ও কৃত্রিম সার প্রস্তুতি; প্লাস্টিক ও কৃত্রিম রেশম তন্তু তৈরী; ঔষধ প্রস্তুতি, ব্যাটারী প্রস্তুতি ও ইলেকট্রোপ্লেটিং, রঞ্জন শিল্প ও রসায়নাগারের কাজ—এরূপ বিভিন্ন প্রয়োজনে প্রচুর পরিমাণে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়।

ফসফরাস অ্যাসিড (Phosphorus acid)

11·10. প্রস্তুতি : (i) ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড শীতল জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় **ফসফরাস অ্যাসিড** তৈরী করে। $P_4O_6+6H_2O=4H_3PO_3$

(ii) ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইডও শীতল জলের বিক্রিয়ায় ফসফরাস অ্যাসিড তৈরী হয়। ইহা 180°C তাপমাত্রায় বাষ্পায়িত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দূরীভূত হয় এবং ইহা কেলাসাকারে বিচ্ছিন্ন হয়। বিক্রিয়া : $PCl_3+3H_2O=H_3PO_3+3HCl$

ফসফরাস অ্যাসিড সাদা ও স্ফটিকাকার পদার্থ; ইহার গলনাংক 74°C; সহজেই ইহা জলে দ্রবীভূত হয় এবং বায়ুতে রাখিয়া দিলে ফসফরিক অ্যাসিডে (H_3PO_4) পরিণত হয়।

অর্থো ফসফরিক অ্যাসিড (Ortho-phosphoric acid)

11·11. প্রস্তুতি : তিন রকম ফসফরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। উহার মধ্যে অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) প্রধান এবং অপর দুইটির নাম মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড (HPO_3) ও পাইরো-ফসফরিক অ্যাসিড ($H_4P_2O_7$)। অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড কয়েক-ভাবে তৈরী করা যায়। যথা :

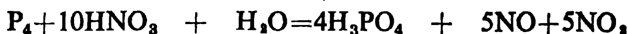
(i) ফসফরাস পেন্টক্সাইড হইতে (From phosphorus pentoxide) : ফসফরাস পেন্টক্সাইড ((P_4O_{10}) জলে মিশাইলে হিস্ হিস্ শব্দ করিয়া জলের মধ্যে

অক্সাইডটি দ্রবীভূত হয়। এই দ্রবণ ফুটাইলেও অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড গঠিত হয়। বিক্রিয়া : $P_4O_{10} + 6H_2O = 4H_3PO_4$

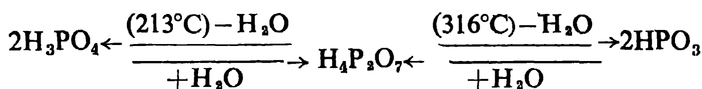
(ii) **অস্থিভস্ম বা ক্যালসিয়াম ফসফেট হইতে** (From bone ash or phosphate minerals)) : অস্থিভস্ম বা খনিজ পদার্থরূপে প্রাপ্ত ক্যালসিয়াম ফসফেট লবণের $[Ca_3(PO_4)_2]$ চূর্ণ সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করিলে সিরাপের ন্যায় এক রকম তরল তৈরী হয়। এই তরলই অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড। ইহা ক্যালসিয়াম সালফেট হইতে ছাঁকিয়া এবং পরে বাষ্পায়িত করিয়া ঘন করা হয়।


বিক্রিয়া : $Ca_3(PO_4)_2+3H_2SO_4=3CaSO_4+2H_3PO_4$

(iii) **লাল ফসফরাস জারণে** : ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে লাল ফসফরাস ফুটাইলেও অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড তৈরী হয়। এরূপ বিক্রিয়ায় সাদা ফসফরাস ব্যবহার করিলে বিস্ফোরণ ঘটিতে পারে। তাই নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে লাল ফসফরাস ফুটানো হয়। উৎপন্ন তরলকে প্রথমে ঘন করিয়া এবং পরে শীতল বিশোষকের মধ্যে রাখিয়া অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিডকে কৃস্টালে পরিণত করা হয়। বিক্রিয়া :


$$P_4+10HNO_3 + H_2O=4H_3PO_4 + 5NO+5NO_2$$

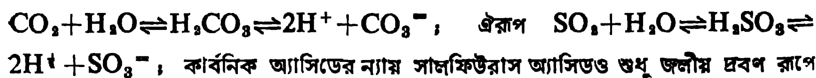
11·12. ধর্ম (Properties) : বিশুদ্ধ অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড একটি কঠিন ও উদ্গ্রাহী এবং বর্ণহীন পদার্থ। ইহা জলে বিশেষ দ্রবণীয়। ইহা মৃদু অ্যাসিড এবং ইহার অণুতে প্রচুর অক্সিজেন থাকা সত্ত্বেও অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিডের জারণ ক্ষমতা খুব কম। **উত্তপ্ত করিলে উহা প্রথমে পাইরো-ফসফরিক অ্যাসিড পরে মেটা-ফসফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।** ইহা একটি প্রতিমুখী (reversible) বিক্রিয়া। বিক্রিয়া :


$$2H_3PO_4 \underset{+H_2O}{\overset{(213°C)-H_2O}{\rightleftharpoons}} H_4P_2O_7 \underset{+H_2O}{\overset{(316°C)-H_2O}{\rightleftharpoons}} 2HPO_3$$

11·13. ব্যবহার (Uses) : সালফিউরিক অ্যাসিড জারণ ধর্মী বলিয়া ফসফরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিয়া সোডিয়াম ব্রোমাইড হইতে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড তৈরী করা হয়। ফসফেট লবণ তৈরী করার জন্য এবং ঔষধরূপেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

সালফিউরাস অ্যাসিড (Sulphurous Acid)

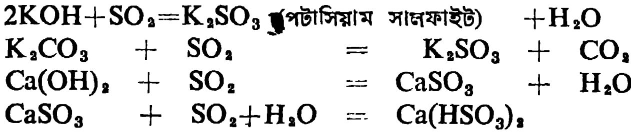
সালফার ডাই-অক্সাইড কার্বন ডাই-অক্সাইডের ন্যায় জলে দ্রবীভূত হয় এবং কার্বনিক অ্যাসিডের (H_2CO_3) ন্যায় সালফিউরাস অ্যাসিড (H_2SO_3) গঠন করে। বিক্রিয়া :


$CO_2+H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons 2H^++CO_3^{=}$; ঐরূপ $SO_2+H_2O \rightleftharpoons H_2SO_3 \rightleftharpoons 2H^+ +SO_3^{=}$; কার্বনিক অ্যাসিডের ন্যায় সালফিউরাস অ্যাসিডও শুধু জলীয় দ্রবণ রূপে পাওয়া যায়। উভয় অ্যাসিডই $(H_2CO_3$ ও $H_2SO_3)$ মৃদু ও অস্থায়ী এবং ইহাদের জলীয় দ্রবণ উত্তপ্ত করা হইলে উভয় অ্যাসিড হইতে গ্যাস দুইটি $(CO_2$ ও $SO_2)$ নির্গত হইয়া যায়।

কার্বনিক অ্যাসিডের কার্বনেট (Na_2CO_3) ও বাই-কার্বনেট $(NaHCO_3)$ লবণের

ন্যায় সালফিউরাস অ্যাসিডও সালফাইট (Na_2SO_3) ও বাই-সালফাইট লবণ ($NaHSO_3$) গঠন করে।

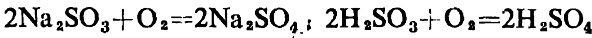
11·14. প্রস্তুতি : সালফার ডাই-অক্সাইড ও অ্যালকালি তথা ক্ষার অথবা সালফার ডাই-অক্সাইড এবং সোডিয়াম বা পটাসিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সালফাইট ও বাই-অক্সাইড লবণ গঠিত হয়। বিক্রিয়া : $KOH + SO_2 = KHSO_3$



$$2KOH + SO_2 = K_2SO_3 \text{ (পটাসিয়াম সালফাইট) } + H_2O$$
$$K_2CO_3 + SO_2 = K_2SO_3 + CO_2$$
$$Ca(OH)_2 + SO_2 = CaSO_3 + H_2O$$
$$CaSO_3 + SO_2 + H_2O = Ca(HSO_3)_2$$

সোডিয়াম ও পটাসিয়ামের ন্যায় ক্ষারীয় ধাতুর সালফাইট ব্যতীত অন্যান্য সকল ধাতুর সালফাইট জলে অদ্রবণীয়।

সালফাইট ও বাই-সালফাইট লবণ এবং সালফিউরাস অ্যাসিড বায়ুর অক্সিজেনের সংস্পর্শে ধীরে ধীরে সালফেট যৌগ ও সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। বিক্রিয়া :



$$2Na_2SO_3 + O_2 = 2Na_2SO_4 \; ; \; 2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4$$

11·15. ব্যবহার : বিরঞ্জন কার্যে অতিরিক্ত ক্লোরিন বিনষ্ট করার জন্য; জীবানু নাশকরূপে ((antiseptic)) ও কাগজ শিল্পে সালফাইট ব্যবহার করা হয়।

সালফিউরিক অ্যাসিড (Sulphuric Acid)

11·16. পরিচয় : সালফিউরিক অ্যাসিড প্রথমে আবিষ্কার করেন মধ্যযুগের অ্যাল-কেমিস্টরা। আরব রসায়নী জবির ইবন হাইরানের লেখায় হিরাকস ($FeSO_4$) ও ফটকিরি (alum) একসঙ্গে পাতিত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির উল্লেখ দেখা যায়।

1666 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী লেমারী (Lamery) আধুনিক উৎপাদন পন্থার সূত্রপাত করেন। একটি আবদ্ধ কাচের পাত্রের মধ্যে জল রাখিয়া তার উপরে গন্ধক (S) ও সোরা (KNO_3) জ্বালাইয়া তিনি সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরী করেন। প্রায় দেড়শ' বছরের গবেষণার ফলে 'লেড-চেম্বার' (lead Chamber) পদ্ধতির উদ্ভাবন করা সম্ভব হয়। বিজ্ঞানী গে-লুসাক 'গ্লোভার টাওয়ার' (Glover tower) এবং 'গে-লুসাক টাওয়ার' (Gay Lussac tower) আবিষ্কার করিয়া লেড-চেম্বার পদ্ধতির প্রবর্তন করিয়াছেন।

শিল্প-বাণিজ্যের মহলে সালফিউরিক অ্যাসিড এখনও **অয়েল অব ভিট্রিয়ল** (oil of vitriol) নামেই পরিচিত। ইহার সংকেত —H_2SO_4 ; আণবিক গুরুত্ব—98.

11·17. প্রস্তুতির মূল রাসায়নিক নীতি (Chemical principle of preparation) : সালফিউরিক অ্যাসিডের ধাতব সালফেট লবণ হইতে হাইড্রোক্লোরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিডের ন্যায় কোন অজৈব অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন করা যায় না—কারণ, (i) সালফিউরিক অ্যাসিডের উদ্বায়িতা হাইড্রোক্লোরিক বা নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে কম, (ii) ইহা অপেক্ষাকৃত তীব্রতর অ্যাসিড। সাধারণভাবে সালফিউরিক অ্যাসিডকে সালফার ট্রাই-অক্সাইডের

জলীয় দ্রবণ বলা হয়। সালফার ট্রাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত করিলে সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরী করা যায়। বিক্রিয়া: $SO_3+H_2O=H_2SO_4$. কিন্তু মূল সমস্যা সালফার ডাই-অক্সাইড হইতে সালফার ট্রাই-অক্সাইড তৈরী করার জারণ পদ্ধতি।

সালফার বা ধাতব সালফাইড যৌগ পোড়াইয়া সহজেই সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) তৈরী করা যায় কিন্তু সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3) সহজে তৈরী করা যায় না। সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) হইতে ট্রাই-অক্সাইড (SO_3) দুইভাবে তৈরী করা যায়। (i) বায়ু ও নাইট্রিক অক্সাইডের সাহায্যে অথবা (ii) অনুঘটকের উপস্থিতিতে বায়ুর সাহায্যে সালফার ডাই-অক্সাইডকে ট্রাই-অক্সাইডে জারিত করিয়া।

রসায়নাগারে প্রস্তুতি (Laboratory process): (ক) **রাসায়নিক উপাদান** (Chemicals required): রসায়নাগারে সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরী করার জন্য প্রয়োজন—(i) সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2), (ii) নাইট্রিক অক্সাইড (NO), (iii) জলীয় বাষ্প (H_2O) এবং (iv) বায়ুর অক্সিজেন (O_2)।

(খ) **প্রস্তুতির রাসায়নিক নীতি** (Principles of preparation): (i) সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) **অপ্রত্যক্ষভাবে** বায়ুর অক্সিজেনের সাহায্যে প্রথমে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে (SO_3) পরিণত হয়। এই সালফার ট্রাই-অক্সাইড জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) তৈরী করে। বিক্রিয়া:



$$SO_2 \xrightarrow{\text{বায়ুর} O_2} SO_3;\; SO_3+H_2O=H_2SO_4$$

(ii) বায়ুর অক্সিজেন সরাসরি ভাবে সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত করিতে পারে না। সালফার ডাই-অক্সাইডকে বায়ুর অক্সিজেন সরবরাহের কাজ করে নাইট্রিক অক্সাইড (NO)। এইজন্য এই নাইট্রিক অক্সাইড অক্সিজেন-বাহক (oxygen-carrier) রূপে বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া প্রথমে নিজে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে (NO_2) পরিণত হয়। $2NO+O_2=2NO_2$

(iii) এই নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড সালফার ডাই-অক্সাইডকে অক্সিজেন সরবরাহ করিয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত করে এবং নিজে আবার নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত সমস্ত সালফার ডাই-অক্সাইড সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত না হয় ততক্ষণ পর্যন্ত 'নাইট্রিক অক্সাইড→নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড→নাইট্রিক অক্সাইড' বিক্রিয়া-চক্র চলিতে থাকে। বিক্রিয়া: (a) $SO_2+NO_2=SO_3+NO$; (b) $2NO+O_2=2NO_2$

(iv) এই সদ্যোজাত সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3) জলীয় বাষ্পের (H_2O) সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া তরল সালফিউরিক অ্যাসিড রূপে বিক্রিয়া পাত্রে সঞ্চিত হয়। বিক্রিয়া: $SO_3+H_2O=H_2SO_4$

(গ) **পদ্ধতি**: একটি 2000 ml. ফ্লাস্কের মুখে বড় রবারের ছিপির মাধ্যমে চারিটি আগম নল এবং একটি নির্গম-নল ফিট করা হয়। আগম-নল কয়টি বিক্রিয়া ফ্লাস্কের তলা

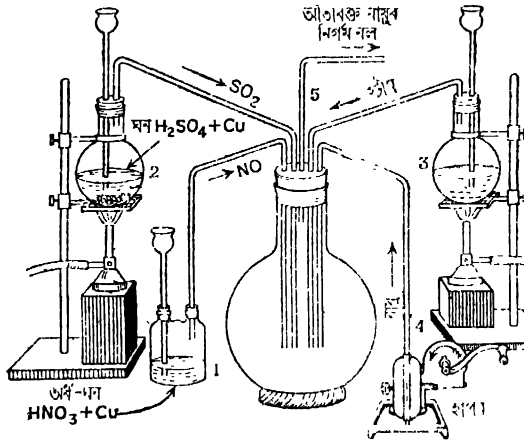
পর্যন্ত প্রলম্বিত থাকে এবং নির্গম-নলটি প্রবিষ্ট থাকে ফ্লাস্কের গলা পর্যন্ত। [যন্ত্র সজ্জার চিত্র নীচে দেখ]

এই চারিটি আগম নলের (i) একটি ফিট করা হয় নাইট্রিক অক্সাইড (NO) তৈরী করার জন্য উল্‌ফ্‌ বোতলে (1)। এই উল্‌ফ্‌ বোতলের তলায় স্থাপিত তামার কুচির (Cu) উপরে অর্ধ-ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3) দীর্ঘ-নলের মাধ্যমে ঢালিয়া স্বাভাবিক তাপমাত্রায় নাইট্রিক অক্সাইড তৈরী করা হয়। [$3Cu+8HNO_3=2NO+3Cu(NO_3)_2+4H_2O$]

(ii) দ্বিতীয় আগম-নলটি ফিট করা হয় সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী করার ফ্লাস্কে (2)। এই ফ্লাস্কে তাপের সাহায্যে তামার কুচির (Cu) সঙ্গে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী করা হয়।


[$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+2H_2O+SO_2$]

(iii) তৃতীয় আগম নলটি একটি জল ভরা ফ্লাস্কে (3) ফিট করা থাকে। ফ্লাস্কের জল গরম করিয়া স্টীম তৈরী করা হয়। (vi) চতুর্থ আগম-নলটির (4) ভিতর দিয়া বিক্রিয়া ফ্লাস্কে



সালফিউরিক অ্যাসিডের রসায়নাগারে প্রস্তুতি

একটি হাপরের সাহায্যে বায়ুর অক্সিজেন প্রবেশ করান হয়। (v) নির্গম-নলটি (5) বিক্রিয়া ফ্লাস্কে খোলা অবস্থায় থাকিয়া বাহিরের বাতাসের সঙ্গে সংযোগ রক্ষা করে।

নিম্নোক্ত বিক্রিয়াগুলি ঘটিবার ফলে বিক্রিয়া ফ্লাস্কের মধ্যে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড সঞ্চিত হয়।


(i) $2NO+O_2$ (বায়ু হইতে) $=2NO_2$; (ii) $SO_2+H_2O=H_2SO_3$


(iii) $H_2SO_3+NO_2=H_2SO_4+NO$

ফ্লাস্কের অভ্যন্তরস্থ অতিরিক্ত বায়ু প্রভৃতি নির্গম-নলের পথে বাহির হইয়া যায়। এই অ্যাসিডে কিছু নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড মিশ্রিত থাকে বলিয়া ইহার সঙ্গে অল্প অ্যামোনিয়াম সালফেট

মিশাইয়া, এই মিশ্রণটি ফুটাইলে সমস্ত নাইট্রোজেন যৌগ অপসারিত হয় এবং অ্যাসিড ঘন হইয়া প্রায় জলহীন হয়। সম্পূর্ণ জলহীন সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরী করিতে হইলে সদ্যজাত অ্যাসিডের সঙ্গে প্রয়োজনানুরূপে সালফার ট্রাই-অক্সাইড মিশাইতে হয়।

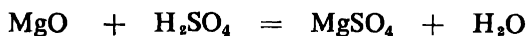
11·18. সালফিউরিক অ্যাসিডের ধর্ম :

(a) **ভৌত ধর্ম :** (i) সালফিউরিক অ্যাসিড একটি গন্ধহীন ও বর্ণহীন তৈলাক্ত তরল পদার্থ। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·84 ; (ii) অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবহণে সক্ষম। (iii) প্রায় 10°C তাপমাত্রায় অ্যাসিড সাদা স্ফটিকে পরিণত হয় এবং 338°C তাপমাত্রায় ফুটিতে আরম্ভ করে। (iv) জলের সঙ্গে যে কোন অনুপাতে সালফিউরিক অ্যাসিড মিশানো যায়। **কিন্তু কখনও সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে জল ঢালিতে নাই।** সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে জল ঢালিলে এত উত্তাপ সৃষ্টি হয় যে, অ্যাসিড ফুটিতে আরম্ভ করিয়া প্রবল বেগে চারিদিকে ছিটকাইয়া পড়ে। তাই, **জলের মধ্যে ধীরে ধীরে অ্যাসিড ঢালিতে হয়।**

(b) **রাসায়নিক ধর্ম :** (i) **অ্যাসিডের গুণ** (acid property) : সালফিউরিক অ্যাসিড একটি তীব্র অ্যাসিড। (ক) ইহা স্বাদে অম্ল ; (খ) এই অ্যাসিডের সংস্পর্শে নীল লিটমাস লাল হইয়া যায় ; (গ) জিংক, লোহা ইত্যাদি ধাতুর সঙ্গে লঘু অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় এবং হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া ধাতুর লবণ তৈরী হয়। বিক্রিয়া : $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$ এবং (ঘ) ক্ষার ও ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া লবণ ও জল তৈরী করে।



বিক্রিয়া : $2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$



$MgO + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O$

(ii) **প্রবল জল-শোষণ ধর্ম** (Dehydrating agent) : ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড জল বা জলীয় বাষ্প প্রবলভাবে আকর্ষণ করিয়া শোষণ করে। এজন্য সিক্ত পদার্থকে শুষ্ক করার জন্য একটি প্রধান বিশোষকরূপে ডেসিকেটারে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়। চিনি, কাগজ ও স্টার্চজাতীয় পদার্থের (আটা, চাউল) জলীয় অংশ শোষণ করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড এই সমস্ত বস্তুকে কালো কার্বনে পরিণত করে। চিনি, স্টার্চ ইত্যাদি জৈব বস্তুকে কার্বোহাইড্রেট বলা হয়। কারণ কার্বন ছাড়া এইসব পদার্থের মধ্যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণু থাকে জলের অনুপাতে (H : O : : 2 : 1)। তাই সালফিউরিক অ্যাসিড এই সব জৈব পদার্থের জলীয় অংশ শুষিয়া লওয়ার ফলে একমাত্র কার্বন অবশিষ্ট থাকে।

কিন্তু অ্যামোনিয়া গ্যাস (NH_3) অথবা হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস (H_2S) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শুষ্ক করা যায় না। অ্যামোনিয়া একটি ক্ষারক। অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম সালফেট লবণ উৎপন্ন করে। হাইড্রোজেন সালফাইড বিজারকধর্মী বলিয়া উহা সালফিউরিক অ্যাসিডকে বিজারিত করে।

(iii) **তাপের প্রভাব** (Action of heat) ঃ তাপের প্রভাবে সালফিউরিক অ্যাসিড ভাঙ্গিয়া জল, অক্সিজেন ও সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। তপ্ত ঝামা-পাথরের (pumice stone) উপরে ফোঁটা ফোঁটা সালফিউরিক অ্যাসিড ফেলিলে এই বিক্রিয়া ঘটে ঃ $2H_2SO_4=2H_2O+2SO_2+O_2$;

(iv) **জারণ ক্ষমতা** (Oxidising capacity) ঃ ঘন ও তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিড কার্বনকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে এবং সালফারকে সালফার ডাই-অক্সাইডে জারিত করিয়া দেয়। ইহা হাইড্রো-ব্রোমিক (HBr) ও হাইড্রো-আয়োডিক (HI) অ্যাসিডের হাইড্রোজেন অপসারণ করিয়া ইহাদেরও জারিত করে এবং ফসফরাসকে ফসফরিক অ্যাসিডে পরিণত করে। $C+2H_2SO_4=CO_2+2H_2O+2SO_2$;

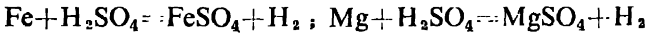
$S+2H_2SO_4=3SO_2+2H_2O$; $2HI+H_2SO_4=I_2+2H_2O+SO_2$;

$2HBr+H_2SO_4=Br_2+2H_2O+SO_2$;

$2P+5H_2SO_4=2H_3PO_4+5SO_2+2H_2O$

এই সকল বিক্রিয়ায় অ্যাসিড বিজারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

(v) **ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action of metals) ঃ (ক) **ঠাণ্ডা** ও **লঘু** সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে জিংক লোহা ও ম্যাগনেসিয়াম বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন ধাতব সালফেট লবণ গঠন করে। বিক্রিয়া ঃ $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$;


$Fe+H_2SO_4=FeSO_4+H_2$; $Mg+H_2SO_4=MgSO_4+H_2$

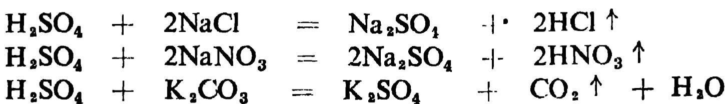
(খ) লোহা, সীসা, রূপা, পারদ বা টিন প্রভৃতি ধাতুর উপরে **ঘন** ও **ঠাণ্ডা** সালফিউরিক অ্যাসিডের কোন বিক্রিয়া ঘটে না। তাই, লোহার পাত্রে ঘন ও ঠাণ্ডা সালফিউরিক অ্যাসিড রাখা যায়।

(গ) **ঘন** ও **তপ্ত** সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে ধাতুর বিক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী হয়। বিক্রিয়া ঃ $Zn+2H_2SO_4=ZnSO_4+SO_2+2H_2O$


$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+SO_2+2H_2O$

(ঘ) **সোনা** বা **প্লাটিনামের** উপরে ইহার (H_2SO_4) কোন বিক্রিয়া নাই।

(vi) **উদ্বায়িতা** (Volatility) ঃ সালফিউরিক অ্যাসিড হাইড্রোক্লোরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিডের চেয়ে কম উদ্বায়ী। তাই সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে ধাতুর ক্লোরাইড, নাইট্রেট ও কার্বনেট লবণের বিক্রিয়ায় ফলে অধিকতর উদ্বায়ী হাইড্রোক্লোরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিড এবং কার্বন-ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়া ঃ


$$H_2SO_4 + 2NaCl = Na_2SO_4 + 2HCl\uparrow$$
$$H_2SO_4 + 2NaNO_3 = 2Na_2SO_4 + 2HNO_3\uparrow$$
$$H_2SO_4 + K_2CO_3 = K_2SO_4 + CO_2\uparrow + H_2O$$

11·19. সালফিউরিক অ্যাসিডের ব্যবহার (Uses of sulphuric acid) ঃ প্রধান শিল্পের মধ্যে খুব কম শিল্পই আছে যাহাতে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না। সালফিউরিক অ্যাসিড প্রধানত ব্যবহার করা হয় ঃ

(i) সুপার-ফসফেট ও অ্যামোনিয়াম সালফেট সার এবং অ্যালাম উৎপাদনে—

(ii) পেট্রোলিয়াম ও অন্যান্য তেল বিশুদ্ধির প্রয়োজনে।

(iii) প্রয়োজনীয় রাসায়নিক দ্রব্য, যথা—নাইট্রিক অ্যাসিড, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সালফেট লবণ এবং কার্বনেট লবণ, স্টার্চ, গ্লুকোজ, অ্যালকোহল, ইথার ইত্যাদির উৎপাদনে।

(iv) ঔষধ ও রঙ তথা নীল, ফেনল ইত্যাদি তৈরী করার কাজে।

(v) টিন, লোহা, জিংক ইত্যাদি পরিষ্কার ও গ্যালভেনাইজ করার কাজে;

(vi) ধাতু পরিস্রুতি প্রয়োজনে এবং সুতি শিল্পের কাজে;

(vii) সীসা বা লেড, বেরিয়াম সালফেটের ন্যায় রঙ ও পেইন্ট প্রস্তুতির শিল্পে;

(viii) নাইট্রো-গ্লিসারিন, গান-কটন, ট্রাই-নাইট্রো-টলুইন ইত্যাদি বিস্ফোরক উৎপাদনে এবং অন্যান্য শিল্পে।

প্রশ্ন

1. সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে জারিত করার প্রধান প্রধান শর্ত কি (শর্তের কারণ বর্ণনার প্রয়োজন নাই)? কি প্রকারে সালফার ট্রাই-অক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হয়? কি প্রকারে এবং কি কি শর্তে সালফিউরিক অ্যাসিড (*a*) কপার অর্থাৎ তামার এবং (*b*) অক্জ্যালিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া ঘটায়? এমন দুইটি গ্যাসের নাম উল্লেখ কর যাহাদের সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা নিরুদিত করা যায় না এবং উহার কারণ বিবৃত কর।

2. রসায়নাগারে কি প্রণালীতে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় তাহা বর্ণনা কর। এই অ্যাসিড কি প্রকারে বিশোধিত করা হয়? সালফিউরিক অ্যাসিডের তিনটি প্রধান প্রধান ধর্মের সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

3. রসায়নাগারে পটাসিয়াম নাইট্রেট হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি পদ্ধতি বর্ণনা কর; বিক্রিয়াটির সমীকরণ লিখ। অতি উত্তপ্ত ঝামা-পাথরের উপর ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড বিন্দু বিন্দু করিয়া ফেলিলে কি ঘটিবে? সংক্ষেপে দুইটি পরীক্ষা দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ ধর্মের পরীক্ষা বর্ণনা কর।

4. রসায়নাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির বর্ণনা কর, যন্ত্রের নক্শা আঁক এবং সমীকরণ উল্লেখ কর। নাইট্রিক অ্যাসিড অথবা উহার কোন লবণ হইতে কি প্রকারে অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেন পারক্সাইড (ডাই-অক্সাইড) পাওয়া যাইবে? সমীকরণসহ বর্ণনা কর। একটি (*a*) অধাতু এবং (*b*) একটি যৌগের উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ ক্রিয়ার প্রভাবের একটি করিয়া উদাহরণ দাও।

5. (a) নাইট্রিক অ্যাসিড, (b) লেড নাইট্রেট এবং (c) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট—ইহাদের উপর তাপের প্রভাবে কি কি পদার্থ উৎপন্ন হইবে? সমীকরণ লেখ।

6. রসায়নাগারে কি প্রকারে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়? নাইট্রিক অ্যাসিডের নাইট্রোজেন কি প্রকারে (*a*) নাইট্রাস অক্সাইড; (*b*) নাইট্রিক অক্সাইড; (*c*) অ্যামোনিয়া এবং (*d*) মুক্ত নাইট্রোজেন ইত্যাদি গ্যাসে পরিণত হইবে?

7. (i) জ্বলন্ত অঙ্গার সালফিউরিক অ্যাসিড এবং নাইট্রিক অ্যাসিডে নিক্ষেপ করিলে (ii) ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড গুড়া সালফারের সহিত উত্তাপে ফুটাইলে; (iii) পটাসিয়াম নাইট্রেট খুব উত্তপ্ত করিলে; (iv) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট অতি উত্তপ্ত করিলে, (v) নাতিপ্রখর লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড তামার কুচির সহিত মিশাইলে, (vi) এক টুকরা লৌহ ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডে ডুবাইলে, (vii) লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ম্যাগনেসিয়াম ক্রিয়ান্বিত হইলে—কি ঘটিবে, সমীকরণসহ বিবৃত কর।

8. ফসফরাসের দুইটি প্রধান অক্সি-অ্যাসিডের নাম ও সংকেত লিখ। উহাদের প্রস্তুত প্রণালী ও রাসায়নিক ধর্ম বিবৃত কর।

12

কয়েকটি বিশিষ্ট হাইড্রাইড

(Some Important Hydrides)

নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের প্রধান হাইড্রাইডদ্বয়কে বলা হয় অ্যামোনিয়া ও ফসফিন। এই উভয় যৌগই স্বাভাবিক অবস্থায় গ্যাসীয় আকারে পাওয়া যায় এবং ইহাদের আণবিক গঠনও অনুরূপ। যথাঃ NH_3 ও PH_3 ইহাদের মধ্যে যেমন ধর্মীয় সমতা বর্তমান সেরূপ ইহাদের ধর্ম পার্থক্যও দেখা যায়।

অ্যামোনিয়া (Ammonia)

12·1. পরিচয়ঃ মধ্যযুগে এমন কি প্রাচীনকালের রসায়নীদের কাছে অ্যামোনিয়ার লবণের পরিচয় জানা ছিল। ভারতেরও অ্যামোনিয়ার লবণের সঙ্গে পরিচয় ছিল। স্যাল অ্যামোনিয়াক আমাদের দেশে **নিশাদল** নামে পরিচিত।

বিজ্ঞানী প্রিস্টলী (Priestly) 1774 খ্রীষ্টাব্দে সর্ব প্রথমে একটি স্বতন্ত্র গ্যাসরূপে অ্যামোনিয়া সংগ্রহ করেন। 1785 খ্রীষ্টাব্দে বার্থোলে প্রমাণ করেন যে, অ্যামোনিয়া নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের একটি যৌগিক পদার্থ। বৃটিশ বিজ্ঞানী ডেভি (Davy) প্রথমে নির্ধারিত করেন যে অ্যামোনিয়ার সংকেত—NH_3, অ্যামোনিয়ার আণবিক ওজন

$$=14+3\times 1=17$$

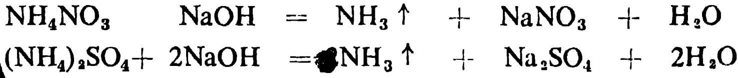
প্রাকৃতিক প্রাপ্তি (Natural sources)ঃ মল ও মূত্রাগার এবং গোশালা ও আস্তাবলের মূল ও মল পচিবার ফলে চোখ জ্বালাকারী অ্যামোনিয়া গ্যাস তৈরী হয়। উদ্ভিদ ও জীবদেহের রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলেও অ্যামোনিয়া তৈরী হয়। বায়ুমণ্ডলেও কিছু কিছু মুক্ত অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়। জলে ও মাটিতেও যৌগরূপে অ্যামোনিয়া লবণ পাওয়া যায়। পশুর খুর, শিং ও হাড় এবং কয়লা বায়ুবদ্ধ পাত্রে উচ্চতাপে শুষ্ক পদ্ধতিতে পাতিত করিলেও প্রচুর অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

12·2. অ্যামোনিয়াম যৌগমূলক (Ammonium Radical—NH_4)ঃ অ্যামোনিয়া (NH_3) যৌগ হইতে উদ্ভূত যে যৌগমূলকটি (NH_4) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় একটি পজিটিভধর্মী ধাতব পরমাণুর ন্যায় ব্যবহার করে এবং যাহা রাসায়নিক ধর্মে সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ধাতুর ন্যায় ক্ষারধর্মী তাহাকে অ্যামোনিয়াম যৌগ-মূলক (NH_4-Ammonium Radical) বলা হয়।

অ্যামোনিয়াম (NH_4) মূলক রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ধাতু জাতীয় মৌলিক পদার্থের ন্যায় ব্যবহার করে বলিয়া ধাতব মৌলিক পদার্থ সোডিয়াম, পটাসিয়ামের ন্যায় 'আম' শব্দ যোগ করিয়া অ্যামোনিয়া-মূলকের নাম দেওয়া হইয়াছে 'অ্যামোনিয়াম' (Ammonium); ধাতু-ধর্মী বলিয়া অ্যামোনিয়াম (NH_4) মূলকও বিভিন্ন লবণ গঠন করে।

12·3. অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি ঃ

সাধারণ রাসায়নিক পদ্ধতি (General chemical process) ঃ অ্যামোনিয়ার যে-কোন লবণের সঙ্গে যে কোন ক্ষার বা অ্যালকালি মিশাইয়া উত্তপ্ত করিয়া অ্যামোনিয়া তৈরী করা যায়। বিক্রিয়া ঃ



$$NH_4NO_3 \quad NaOH = NH_3\uparrow + NaNO_3 + H_2O$$

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH = 2NH_3\uparrow + Na_2SO_4 + 2H_2O$$

রসায়নাগারের পদ্ধতি (Laboratory process) ঃ রসায়নাগারে অ্যামোনিয়া তৈরী করা হয় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl) এবং স্লেকড্ লাইম [$Ca(OH)_2$] মিশ্রণ একত্রে উত্তপ্ত করিয়া। বিক্রিয়া ঃ

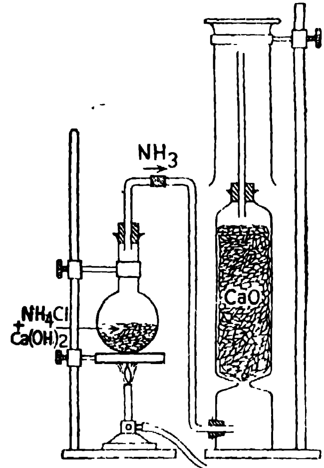


$$2NH_4Cl \quad Ca(OH)_2 \quad 2NH_3\uparrow \quad CaCl_2 \quad 2H_2O$$

ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড একত্রে উত্তপ্ত করিলেও অ্যামোনিয়া তৈরী হয়। $2NH_4Cl + CaO = CaCl_2 + H_2O + 2NH_3\uparrow$

রসায়নাগারে প্রস্তুতি ঃ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের (NH_4Cl) সঙ্গে দ্বিগুণ ওজনের শুষ্ক **কলিচুন** বা **স্লেকড লাইম** (slaked lime) [$Ca(OH)_2$] ঘনিষ্ঠভাবে মিশানো হয়। এই মিশ্রণ একটি ফ্লাস্কের মধ্যে ভরিয়া ইহার ছিপির মুখে নির্গম নল (delivery tube) লাগাইয়া **পোড়া-চুন** (quick lime—CaO)-ভরা একটি গ্যাস টাওয়ারের (gas tower) তলার মুখে নির্গম-নলটি লাগানো হয়। গ্যাস টাওয়ারের উপরের মুখে আর একটি নির্গম-নল ফিট করিয়া ইহার উপরের মুখে একটি গ্যাসজার উপুড় করিয়া বসাইয়া দেওয়া হয়। (চিত্র দেখ)

অতঃপর অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও কলিচুনের মিশ্রণ-ভরা ফ্লাস্কটি ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে ফ্লাস্কে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইয়া নির্গম-নলের মাধ্যমে গ্যাস টাওয়ারে প্রবেশ করে। গ্যাস টাওয়ারে অবস্থিত পোড়া-চুন (CaO) অ্যামোনিয়ার সঙ্গে মিশ্রিত জলীয় বাষ্প শোষণ করে। ফলে এই টাওয়ার বা স্তম্ভ হইতে নির্গত হইয়া বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়া গ্যাসজারে সংগৃহীত হয়।



অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি

অ্যামোনিয়া সংগ্রহের পদ্ধতি (Collection of ammonia) ঃ অক্সিজেন, হাইড্রোজেন বা নাইট্রোজেন গ্যাসের ন্যায় জলভরা গ্যাসজারের জল সরাইয়া অ্যামোনিয়া সংগ্রহ করা যায় না। কারণ, **জলে অ্যামোনিয়ার দ্রবণীয়তা খুব বেশি। পক্ষান্তরে**

অ্যামোনিয়া বায়ুর চেয়ে হালকা। তাই, উপুড়-করা গ্যাসজারের বায়ু নীচের দিকে সরাইয়া অ্যামোনিয়া সংগ্রহ করা হয়।

বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়া (Dry ammonia) : সাধারণত কোন গ্যাসের জলীয় বাষ্প শোষণ করা হয়—(i) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) (ii) ফসফরাস পেন্টক্সাইড (P_2O_5) বা (iii) বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড (fused $CaCl_2$) দ্বারা। কিন্তু এরূপ বিশোষকগুলি অ্যামোনিয়া গ্যাসের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া বিভিন্ন যৌগ গঠন করে।

বিক্রিয়া : $2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4$

$12NH_3+P_4O_{10}+6H_2O=4(NH_4)_3PO_4$

$CaCl_2+8NH_3=[CaCl_2, 8NH_3]$

তাই সাধারণভাবে অ্যামোনিয়া সংগ্রহ করা হয় গ্যাসজারের বায়ু নিম্নমুখে সরাইয়া (downward displacement of air) এবং সাধারণত **অ্যামোনিয়া বিশুদ্ধ করা হয় পোড়া-চুনের (CaO) মধ্যে প্রবাহিত করাইয়া।** পোড়া-চুন অ্যামোনিয়াতে মিশ্রিত জলীয় বাষ্প শুষিয়া লয়। [$CaO+H_2O=Ca(OH)_2$] অতি-বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়া তৈরী করিতে হইলে ইহা সংগ্রহ করা হয় **পারদ-ভরা গ্যাসজারের পারদ** সরাইয়া।

12·4. অ্যামোনিয়ার ধর্ম :

(a) **ভৌত ধর্ম** (Physical properties) : (i) অ্যামোনিয়া একটি বর্ণহীন গ্যাস এবং ইহা তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধী (pungent smell)। অ্যামোনিয়ার গন্ধে চোখে জল আসে।

(ii) **তরল ও কঠিন অ্যামোনিয়া** (Liquid and solid ammonia) : অ্যামোনিয়া ঠাণ্ডা করিয়া (—33·4°C এবং স্বাভাবিক চাপ) এবং চাপ দিয়া সহজেই বর্ণহীন তরলে পরিণত করা যায় এবং এই তরলকে অতিরিক্ত ঠাণ্ডা (—77·7°C) করিয়া বরফের মত কঠিন পদার্থেও রূপান্তরিত করা যায়। −79°C তাপমাত্রায় সোদক স্ফটিকাকার অ্যামোনিয়া (NH_3, H_2O বা $NH_3, 2H_2O$) পাওয়া যায়। তরল অ্যামোনিয়া সোডিয়াম ও পটা-সিয়াম ধাতু দ্রবীভূত করিয়া নীল বর্ণের দ্রবণ তৈরী করে।

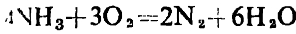
(iii) **অ্যামোনিয়া গ্যাস বায়ুর চেয়ে হালকা।**

(iv) **জলে দ্রবণীয়তা** (Solubility in water) : জলের মধ্যে অ্যামোনিয়ার দ্রবণীয়তা এত বেশি যে, 1 ml. জলে 0°C উষ্ণতায় প্রায় 1200 ml. অ্যামোনিয়া দ্রবীভূত করা যায়।

লাইকার অ্যামোনিয়া (Liquor ammonia) : 0·88 আপেক্ষিক গুরুত্বের সম্পৃক্ত অ্যামোনিয়া দ্রবণে 35% অ্যামোনিয়া থাকে। এরূপ ঘন অ্যামোনিয়া দ্রবণকে লাইকার অ্যামোনিয়া বলা হয়।

(b) **রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical properties) : (i) **দহনশীলতা** (combustibility) অ্যামোনিয়া সাধারণত নিজে দহনশীল পদার্থ নয়, অন্য পদার্থের দহনেও সাহায্য করে না। কিন্তু অক্সিজেনের মধ্যে জ্বালাইয়া দিলে অ্যামোনিয়া নিজেই দহনশীল

হইয়া স্বস্তিতে আরম্ভ করে। অক্সিজেনের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার এরূপ বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন ও জলীয় বাষ্প তৈরী হয়। অ্যামোনিয়া ও অক্সিজেনের মিশ্রণ অগ্নিস্পর্শে বিস্ফোরিত হইতে পারে।



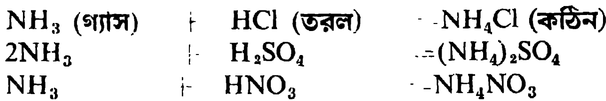
$4NH_3+3O_2=2N_2+6H_2O$

(ii) **তাপের প্রভাব** (Action of heat) : স্বাভাবিক অবস্থায় অ্যামোনিয়া এক স্থায়ী গ্যাস কিন্তু উচ্চতাপে ইহা ভাঙ্গিয়া যায় এবং 1000°C তাপমাত্রায় সম্পূর্ণরূপে ভাঙ্গিয়া নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনে পরিণত হয়। বিক্রিয়া : $2NH_3=N_2+3H_2$

(iii) **ক্ষারীয় ধর্ম** (Alkaline property) : অ্যামোনিয়ার মধ্যে ক্ষারের ধর্ম বর্তমান। তাই, অ্যামোনিয়া জলে দ্রবীভূত হইয়া অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH) নামে ক্ষার তৈরী করে। সেইজন্য অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ ক্ষারের ন্যায় (NaOH) আচ্ছিন্ন এবং লাল লিটমাসকে নীলবর্ণের লিটমাসে পরিণত করে। বিক্রিয়া : $NH_3+H_2O=NH_4OH$

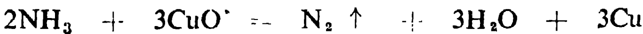
এরূপ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড বিভিন্ন অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম লবণ গঠন করে। $NH_4OH+HCl=NH_4Cl+H_2O$। আমোনিয়ার জলীয় দ্রবণ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড নামে যে ক্ষার তৈরী করে তাহা (NH_4OH) একটি মৃদু ক্ষার। অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গত হইয়া যায়। বিক্রিয়া : $NH_4OH=NH_3+H_2O$

(iv) **অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Reaction with acids) ক্ষার-ধর্মী অ্যামোনিয়ার সঙ্গে হাইড্রোক্লোরিক, সালফিউরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে এইসব অ্যাসিডের লবণ তৈরী হয় :



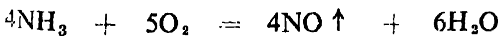
NH_3 (গ্যাস)	+ HCl (**তরল**)	$=NH_4Cl$ (**কঠিন**)
$2NH_3$	$+ H_2SO_4$	$=(NH_4)_2SO_4$
NH_3	$+ HNO_3$	$=NH_4NO_3$

(v) **বিজারণ ক্ষমতা** (Reducing property) : **উত্তপ্ত** কপার অক্সাইডকে (CuO) অ্যামোনিয়া গ্যাস কপার ধাতুরূপে বিজারিত করিয়া দেয় এবং নিজে জারিত হইয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হয়।



$$2NH_3 + 3CuO = N_2\uparrow + 3H_2O + 3Cu$$

(vi) **অ্যামোনিয়া-জারণ** (Oxidation of ammonia) : প্লাটিনাম ধাতুর সংস্পর্শে অক্সিজেন ও অ্যামোনিয়া গ্যাসের মিশ্রণকে 500°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে **অ্যামোনিয়া জারিত** (oxidised) হইয়া যায় এবং নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস তৈরী হয়।

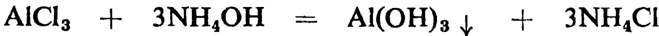


$$4NH_3 + 5O_2 = 4NO\uparrow + 6H_2O$$

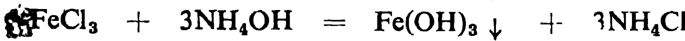
(vii) **ক্লোরিনের বিক্রিয়া** (Action of chlorine) : অ্যামোনিয়া এবং ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রোজেন ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গঠন করে। বিক্রিয়া : $2NH_3+3Cl_2=6HCl+N_2\uparrow$; অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া উৎপন্ন অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড গঠন করে।

ক্লোরিনের পরিমাণ অতিরিক্ত হইলে সদ্যোজাত নাইট্রোজেন ইহার সঙ্গে পুনরায় বিক্রিয়া ঘটাইয়া নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইড নামে এক রকম তৈলাক্ত বিস্ফোরক পদার্থ তৈরী করে। বিক্রিয়া : $NH_3 + 3Cl_2 = 3HCl + NCl_3$

(viii) **ধাতব হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষেপণ** (Formation of insoluble hydroxide) : অ্যালুমিনিয়াম, আয়রন, ইত্যাদি ধাতুর লবণের সঙ্গে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড বিক্রিয়া ঘটাইয়া ধাতব হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে। বিক্রিয়া :



$$AlCl_3 + 3NH_4OH = Al(OH)_3 \downarrow + 3NH_4Cl$$



$$FeCl_3 + 3NH_4OH = Fe(OH)_3 \downarrow + 3NH_4Cl$$

(ix) **কপার সালফেট দ্রবণ :** কপার সালফেট ($CuSO_4$), অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের (NH_4OH) সঙ্গে প্রথমে নীলাভ অধঃক্ষেপ [$Cu(OH)_2$] ফেলে। ইহাতে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশাইলে অধঃক্ষিপ্ত দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং একরকম জটিল যৌগের [$Cu(NH_3)_4SO_4$] ঘন নীল দ্রবণ তৈরী হয়।

(x) **সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ :** সিলভার নাইট্রেট ($AgNO_3$) দ্রবণ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের (NH_4OH) সঙ্গে প্রথমে বাদামী সিলভার অক্সাইড (Ag_2O) অধঃক্ষেপ ফেলে। এই অধঃক্ষেপ অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে দ্রুত দ্রবীভূত হইয়া যায়।

12·5. অ্যামোনিয়ার ব্যবহার (Uses) : (i) সার তৈরী করিবার জন্য প্রচুর পরিমাণে অ্যামোনিয়া ব্যবহার করা হয়। অ্যামোনিয়াম সালফেট [$(NH_4)_2SO_4$] অ্যামোনিয়াম ফসফেট [$(NH_4)_3PO_4$] ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (NH_4NO_3) ইউরিয়া (NH_2CONH_2) অতি মূল্যবান সার। (ii) সলভে পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) এবং অসওয়াল্ড পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করার কাজেও অ্যামোনিয়া ব্যবহার করা হয়। (iii) তৈলাক্ত জিনিস পরিষ্কার করার জন্য অ্যামোনিয়া ব্যবহার করা হয়। (iv) রসায়নাগারের বিকারকরূপে ডাক্তারীর প্রয়োজনে, **গন্ধী লবণ** [smelling salt : $(NH_4)_2CO_3$ + স্বল্প $Ca(OH)_2$] তৈরী করার জন্য, (v) উত্তপ্ত ধাতব অনুঘটকের সাহায্যে অ্যামোনিয়া ভাঙ্গিয়া সহজে হাইড্রোজেন তৈরী করার জন্য অ্যামোনিয়া ব্যবহার করা হয়। (vi) অ্যামোনিয়ার সাহায্যে বরফের কারখানায় জল ঠাণ্ডা করিয়া বরফ জমানো হয়। (vii) কৃত্রিম রেশম, নাইলন, পেইন্ট, প্লাস্টিক, কৃত্রিম রবার ইত্যাদি প্রস্তুতিতে অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়। (viii) বিস্ফোরক প্রস্তুতি এবং রসায়নাগারের বিকারকরূপে অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়।

ফসফরাসের হাইড্রাইড : ফসফিন (Phosphine)

নাইট্রোজেন যেরূপ হাইড্রোজেনের সঙ্গে হাইড্রাইড যৌগ অ্যামোনিয়া গঠন করে, সেইরূপ ফসফরাসও হাইড্রোজেনের সঙ্গে ফসফিন নামক হাইড্রাইড গঠন করে। উভয় যৌগই উৎপন্ন হয় গ্যাসীয় অবস্থায় এবং উভয়েই সমতুল্য অণু গঠন করে। যথা : NH_3 এবং PH_3.

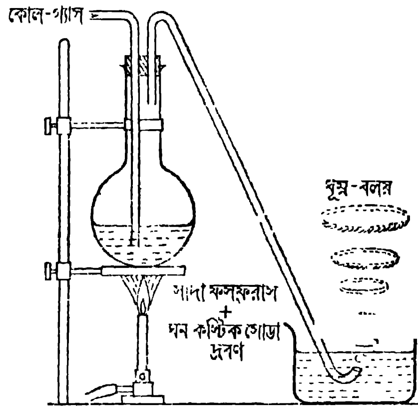
12·6. ফসফিন প্রস্তুতি ঃ কোল-গ্যাস বা হাইড্রোজেনের পরিবেশে ঘন কস্টিক সোডা (NaOH) বা কস্টিক পটাসের (KOH) দ্রবণে সাদা ফসফরাস ফুটাইয়া ফসফিন তৈরী করা হয়। এরূপ ফসফিনের সঙ্গে হাইড্রোজেন এবং P_2H_4 মিশ্রিত থাকে।

বিক্রিয়া ঃ $P_4+3NaOH+3H_2O=PH_3\uparrow+3NaH_2PO_2$

$2P+2NaOH+2H_2O=2NaH_2PO_2+H_2\uparrow$

$6P+4NaOH+4H_2O=4NaH_2PO_2+P_2H_4\uparrow$

একটি কাচের ফ্লাস্কে রাখা ঘন কস্টিক সোডা দ্রবণের মধ্যে এক টুকরা **সাদা ফসফরাস** ফেলা এবং ফ্লাস্কের মধ্যে কোল-গ্যাস প্রবাহিত করিয়া বায়ু নিষ্কাশিত করা হয়। যখন ফ্লাস্কটি কোল-গ্যাসে পূর্ণ হইলে ফ্লাস্কটি উত্তপ্ত করিয়া ভিতরের তরল ফুটাইলে ফসফিন গ্যাস নির্গত হয়। জল সরাইয়া এই গ্যাস বায়ুতে নির্মুক্ত হইলে সঙ্গে সঙ্গে জ্বলিয়া উঠে এবং **ধূম্র বলয়** সৃষ্টি করে। ফসফিনের মধ্যে P_2H_4 গ্যাস থাকায় ইহা বায়ুর সংস্পর্শে জ্বলিয়া ওঠে এবং ফসফরাস পেন্টক্সাইডের ধূম্রবলয় গঠন করে।



ফসফিন প্রস্তুতি

বিশুদ্ধ ফসফিন ঃ বিশুদ্ধ ফসফিন তৈরী করা যায় (i) পূর্বোক্ত পরীক্ষায় কস্টিক সোডার বেরাইটা [baryta; $Ba(OH)_2$] ব্যবহার করিয়া এবং (ii) কস্টিক পটাস ও ফসফোনিয়াম আয়োডাইড (PH_4I) একত্রে উত্তপ্ত করিয়া। $PH_4I+KOH=KI+H_2O+PH_3\uparrow$

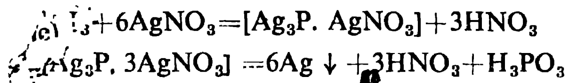
বিশুদ্ধ ফসফিন (PH_3) স্বতঃস্ফূর্তভাবে বায়ুর সংস্পর্শে প্রজ্বলিত হয় না।

(iii) অ্যালুমিনিয়াম ফসফাইড (AlP) ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড একত্রে উত্তপ্ত করিয়াও ফসফিন তৈরী করা যায়। $2AlP+3H_2SO_4=Al_2(SO_4)_3+2PH_3\uparrow$

12·7. ফসফিনের ধর্ম ঃ পচা মাছের গন্ধসহ ফসফিন একটি বর্ণহীন গ্যাস। ইহার বাষ্প ঘনত্ব 17; ইহা অত্যন্ত বিষাক্ত। ফসফিন গ্যাস জলের মধ্যে সামান্য দ্রবণীয় কিন্তু এই দ্রবণ ক্ষারধর্মী নয়। নাইট্রিক ও সালফিউরিক অ্যাসিড এবং ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটে না। বিশুদ্ধ অবস্থায় ইহা স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলে না, কিন্তু অগ্নিস্পর্শে প্রজ্বলিত হয় এবং ফসফরাস পেন্ট-অক্সাইড গঠন করে। $4PH_3+8O_2=P_4O_{10}+6H_2O$; 440°C তাপমাত্রায় ফসফিন লাল ফসফরাস ও হাইড্রোজেনে বিয়োজিত হয়। $4PH_3=P_4+6H_2\uparrow$; ইহা অক্সিজেন ও বায়ুর সঙ্গে বিস্ফোরক মিশ্রণ ঘটায়। ক্লোরিনের সঙ্গে মিশ্রণে ফসফিন স্বতঃস্ফূর্তভাবে

জ্বলিয়া ওঠে এবং ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠন করে। $PH_3+4Cl_2=PCl_5+3HCl\uparrow$. ইহা বিভিন্ন ধাতব ক্লোরাইডের সঙ্গে যুক্ত হয় এবং ব্লিচিং পাউডার দ্বারা শোষিত হয়।

ফসফিন একটি তীব্র জারক দ্রব্য, ইহা সিলভার নাইট্রেট দ্রবণকে বিজারিত করে।



$$PH_3+6AgNO_3=[Ag_3P.\ AgNO_3]+3HNO_3$$

$$[Ag_3P.\ 3AgNO_3]=6Ag\downarrow+3HNO_3+H_3PO_3$$

ইহা কপার সালফেট দ্রবণকে ধাতব কপারে বিজারিত করে।

ফসফোনিয়াম যৌগ ঃ ক্ষারীয় ধর্ম না থাকা সত্ত্বেও ইহা একটি ক্ষারকের ন্যায় অ্যামোনিয়ার ন্যায় হ্যালোজেনের অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া ফসফোনিয়াম ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইড (PH_4Cl, PH_4Br, PH_4I) গঠন করে। এইরূপ লবণ উত্তাপে এবং জল, অ্যাসিড (HNO_3, H_2SO_4) বা ক্ষার দ্বারা বিয়োজিত হয়। $PH_4Cl\rightleftharpoons PH_3+HCl$। ফসফোনিয়াম আয়োডাইড অনেকাংশে স্থায়ী বর্ণহীন কেলাস গঠন করে। বায়ু-হীন কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিবেশে ফসফিন ও হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডের সংযোগে ইহা গঠিত হয়। $PH_3+HI=PH_4I$ (কেলাস)।

12·8. অ্যামোনিয়া ও ফসফিনের তুলনা ঃ

অ্যামোনিয়া	ফসফিন
1. স্বাভাবিক অবস্থায় গ্যাসীয়;	1. স্বাভাবিক অবস্থায় গ্যাসীয়;
2. আণবিক সংকেত NH_3	2. আণবিক সংকেত PH_3;
3. বায়ুর সঙ্গে বিক্রিয়াহীন কিন্তু অক্সিজেনের পরিবেশ দহনশীল;	3. বায়ু ও অক্সিজেনের পরিবেশে সমভাবে দহনশীল;
4. দীর্ঘস্থায়ী উত্তাপে বিয়োজিত হয়। $2NH_3\rightleftharpoons N_2+3H_2$;	4. 440°C তাপমাত্রায় বিয়োজিত হয়। $4PH_3=P_4+6H_2$;
5. ক্ষারধর্মী;	5. ক্ষারধর্মী নয়;
6. যে কোন অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া অ্যামোনিয়াম লবণ গঠন করে। NH_4Cl, NH_4NO_3, $(NH_4)_2SO_4$;	6. ক্ষারকের ন্যায়, কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিবেশে, হ্যালোজেনের অ্যাসিডের সঙ্গে ফসফোনিয়াম লবণ (PH_4Cl) গঠন করে।
7. তাপের প্রভাবে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড প্রতিমুখী বিক্রিয়া ঘটায়। $NH_4Cl\rightleftharpoons NH_3+HCl$;	7. তাপের প্রভাবে ফসফনিয়াম হ্যালাইডের বিয়োজন ঘটে। $PH_4Cl\rightleftharpoons PH_3+HCl$
8. অ্যামোনিয়াম মূলক (NH_4^+) একযোজী ও ধাতবধর্মী কিন্তু স্বতন্ত্রভাবে অস্তিত্বহীন।	8. ফসফনিয়াম মূলক (PH_4^+) একযোজী ও ধাতবধর্মী কিন্তু স্বতন্ত্রভাবে অস্তিত্বহীন।

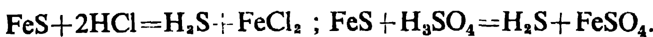
অ্যামোনিয়া	ফসফিন
9. অতিরিক্ত ক্লোরিনের সঙ্গে বিস্ফারক পদার্থ—নাইট্রোজেন ক্লোরাইড গঠন করে। $NH_3+3Cl_2=NCl_3+3HCl$	9. ক্লোরিনের সঙ্গে মিশ্রণে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া ওঠে এবং ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড গঠন করে। $PH_3+4Cl_2=PCl_5+3HCl$
10. কোন কোন ক্ষেত্রে বিজারণধর্মী। উত্তপ্ত অবস্থায় কপার অক্সাইডকে কপারে পরিণত করে। $3CuO+2NH_3=3Cu+N_2+3H_2O$	10. তীব্র বিজারক পদার্থ। সিলভার নাইট্রেট ও কপার সালফেট দ্রবণ হইতে সিলভার ও কপার অধঃক্ষিপ্ত করে।
11. বিদ্যুৎ-স্পর্শে অ্যামোনিয়ার আয়তন-বিশ্লেষণ ঘটে; $2NH_3 \rightarrow N_2 + 3H_2$ (2-আয়তন) (1-আয়তন) (3-আয়তন)	11. উচ্চ তাপমাত্রায় বিয়োজনের আয়তন মাত্রা ঃ $2PH_3 \rightarrow 3H_2 + 2P$ (2-আয়তন) (3-আয়তন) (2-আয়তন)
12. তীব্রগন্ধী, গন্ধে চোখে জল আসে।	12. পচা মাছের দুর্গন্ধযুক্ত এবং অত্যন্ত বিষাক্ত।

হাইড্রোজেন সালফাইড

12·9. প্রাপ্তি ও পরিচয় ঃ বিজ্ঞানী শীলি প্রমাণ করেন যে হাইড্রোজেন সালফাইড সালফার ও হাইড্রোজেনের একটি যৌগ। এই গ্যাসটি আগ্নেয়গিরির ধোঁয়ায় এবং অনেক প্রস্রবণের জলেও পাওয়া যায়। ডিম এবং অনেক ধরনের উদ্ভিদ ও জীবদেহ পচিলে এই দুর্গন্ধময় গ্যাসটি তৈরী হয়।

এই যৌগটি হাইড্রোজেন সালফাইড, সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন বা **হাইড্রো-সালফিউরিক অ্যাসিড**—এই তিনটি নামেই পরিচিত। ইহার সংকেত H_2S, আণবিক ওজন 34 এবং বাষ্প ঘনত্ব 17।

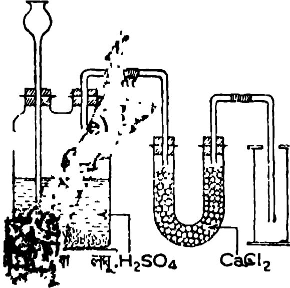
12·10. রসায়নাগারে হাইড্রোজেন সালফাইডের প্রস্তুতি ঃ ধাতুর সালফাইডের সঙ্গে লঘু অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া স্বাভাবিক তাপমাত্রায় সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন গ্যাসটি তৈয়ারী করা যায়। ফেরাস সালফাইডের (FeS) সঙ্গে ঠাণ্ডা ও লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন সালফাইড তথা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন গ্যাস তৈরী হয়। বিক্রিয়া ঃ



$$FeS+2HCl=H_2S+FeCl_2\ ;\ FeS+H_2SO_4=H_2S+FeSO_4.$$

(i) সাধারণ প্রস্তুতি ঃ উল্‌ফ বোতলের তলা পর্যন্ত দীর্ঘায়িত একটি দীর্ঘনল ফানেল ও নির্গম-নল ফিট করা একটি উলফ বোতল লও। নির্গম-নলের মাথাটি একটি উর্ধ্বমুখ গ্যাসজারের মধ্যে রাখ। উল্‌ফ বোতলের মধ্যে কিছু ফেরাস সালফাইড লও এবং তাহার মধ্যে দীর্ঘনলের মাধ্যমে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ঢাল। অ্যাসিড ও সালফাইডের বিক্রিয়ায়

হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই গ্যাসটি বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া গ্যাসজারের বায়ুর ঊর্ধ্বভ্রংশের দ্বারা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন গ্যাস সংগ্রহ করা হয়। গ্যাসের দুর্গন্ধেই ইহার অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়।



শুষ্ক হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতি

শুষ্ক গ্যাস প্রস্তুতি ঃ উৎপন্ন H_2S গ্যাসকে শুষ্ক ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-পূর্ণ U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া গ্যাসজারে সংগ্রহ করিলে শুষ্ক গ্যাস পাওয়া যায়। U-নলে ফসফরাস পেন্টক্সাইড দ্বারা আর্দ্রতা শোষণ করাওয়াই শুষ্ক গ্যাস পাইবার উৎকৃষ্ট পন্থা।

[**বিশেষ দ্রষ্টব্য** ঃ সদ্য উৎপন্ন গ্যাস (H_2S) নাইট্রিক অ্যাসিডকে বিজারিত করিয়া সালফার অধঃক্ষিপ্ত করে বলিয়া এই অ্যাসিড (HNO_3) হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপাদনে ব্যবহার করা যায় না। বিক্রিয়া ঃ $2HNO_3+H_2S=2H_2O+2NO_2+S$]

(ii) **কিপ্-যন্ত্রে উৎপাদন** ঃ (Preparation in Kipp's apparatus) ঃ প্রয়োজনানুরূপ (ready supply) এবং পর্যাপ্ত পরিমাণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস পাইতে হইলে কিপ্-যন্ত্রে উৎপাদন করা হয়।

কিপ্-যন্ত্রের দ্বিতীয় গোলকে ভরা হয় ফেরাস সালফাইড (FeS)। প্রথম গোলকের দীর্ঘ-নলের ভিতর দিয়া তৃতীয় গোলকে লঘু সালফিউরিক বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালা হয়। এই অ্যাসিড তৃতীয় গোলক পূর্ণ করিয়া দ্বিতীয় গোলকে প্রবেশ করার সঙ্গে সঙ্গে অ্যাসিডের সঙ্গে ফেরাস সালফাইডের সংযোগের ফলে বিক্রিয়া ঘটে এবং সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

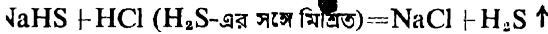
সদ্য উৎপন্ন এই গ্যাস ছিপির মাধ্যমে নির্গম-নল-দ্বারা বাহির হইয়া যায় এবং এই গ্যাস রসায়নাগারের পরীক্ষাদির কাজে ব্যবহার করা হয়। মধ্যম গোলকের ছিপি বন্ধ করিলে গ্যাস নির্গমন বন্ধ হওয়ার ফলে সঞ্চিত গ্যাস দ্বিতীয় গোলকের অ্যাসিডের উপরে চাপ দেয়। ফলে অ্যাসিড তৃতীয় গোলকে নামিয়া যায় এবং দীর্ঘ নলের ভিতর দিয়া উপরে উঠিয়া ইহা প্রথম গোলকেও আংশিকভাবে সঞ্চিত হয়। দ্বিতীয় গোলকে ফেরাস সালফাইড ও অ্যাসিডের সংযোগ বিচ্ছিন্ন হওয়ার জন্য গ্যাস উৎপাদনও সঙ্গে সঙ্গে বন্ধ হইয়া যায়।

আবার মধ্যম গোলকের ছিপি খুলিয়া দিলে সঞ্চিত গ্যাস নির্গত হইয়া যায় এবং গ্যাসের চাপ হ্রাস হওয়ার ফলে তৃতীয় গোলক হইতে অ্যাসিড মধ্যম গোলকে উত্থিত হইয়া ফেরাস সালফাইডের সঙ্গে পুনঃ সংযোগ স্থাপন করে এবং পুনরায় গ্যাস উৎপাদন বিক্রিয়া সুরু হয়।

এইভাবে কিপ্-যন্ত্রে মধ্যম গোলকের ছিপি খুলিয়া প্রয়োজনে গ্যাস প্রস্তুত করা যায় এবং অপ্রয়োজনে ছিপি বন্ধ করিয়া গ্যাস উৎপাদন বন্ধ করা যায়। এইভাবে গ্যাস উৎপাদনের জন্য কিপ্-যন্ত্র সদা ব্যবহার করা যায়।

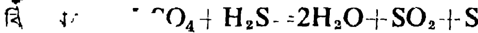
(রসায়নাগারের ব্যবহারের জন্য কিপ্-যন্ত্রে হাইড্রোজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডও প্রস্তুত করা যায়। 264 পৃষ্ঠায় চিত্রসহ তাহা বর্ণনা করা হইয়াছে।)

গ্যাস বিশোধন (Purification of H_2S)ঃ রসায়নাগারে প্রস্তুত হাইড্রোজেন সালফাইডে (i) উৎক্ষিপ্ত অ্যাসিড কণা, (ii) জলীয় বাষ্প এবং (iii) হাইড্রোজেন মিশ্রিত থাকে। সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইডের সম্পৃক্ত দ্রবণের ভিতর দিয়া সদ্য উ... গ্যাস চালাইয়া উৎক্ষিপ্ত অ্যাসিড কণা অপসারিত করা হয়। বিক্রিয়া ঃ



$NaHS + HCl$ (H_2S-এর সঙ্গে মিশ্রিত) $= NaCl + H_2S \uparrow$

শুষ্ক ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের ($CaCl_2$)) বা ফসফরাস পেন্টক্সাইডের (P_2O... ...র দিয়া চা... গ্যাসের জলীয় বাষ্প অপসারিত করা হয়। শীতল কঠিন কা... ই-অক্সাইডে... ...যে হাইড্রোজেন সালফাইড তরল করিলে হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হইয়া যায়। এই ত... ...$_2$S) হইতে স্বাভাবিক তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস পাওয়া যায়।



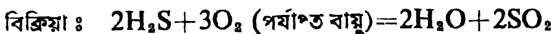
বি... ...$O_4 + H_2S = 2H_2O + SO_2 + S$

দ্রষ্টব্য ঃ ...ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া চালাইয়া হাইড্রোজেন সালফাইডের সঙ্গে মিশ্রিত জলীয় বাষ্প অপসারিত করা যায় না। কারণ, হাইড্রোজেন সালফাইড ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করে।

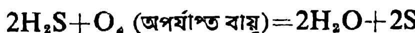
12·11. হাইড্রোজেন সালফাইডের ধর্ম ঃ

(a) **ভৌত ধর্ম** ঃ (i) হাইড্রোজেন সালফাইড বর্ণহীন গ্যাস, (ii) এই গ্যাসের মধ্যে পচা ডিমের দুর্গন্ধ পাওয়া যায়, (iii) ইহা ঠাণ্ডা জলে দ্রবণীয় কিন্তু গরম জলে অদ্রবণীয়; তাই, গরম জল সরাইয়া এই গ্যাস সংগ্রহ করা যায়। এই গ্যাসের জলীয় দ্রবণও দুর্গন্ধময় এবং উত্তপ্ত করিলে দ্রবণ হইতে গ্যাস নির্গত হইয়া যায়, (iv) ইহা বায়ুর চেয়ে ভারী এবং ইহাকে চাপ ও হিমতায় তরল করা যায়, (v) এই গ্যাস বিষাক্ত। ইহাতে অতিরিক্ত শ্বাস গ্রহণে মাথা ধরে,—এমন কি মানুষ অজ্ঞান হইয়া পড়ে।

(b) **রাসায়নিক ধর্ম** ঃ (i) **দহনশীলতা** (Combustibility) ঃ এই গ্যাস হাইড্রোজেন গ্যাসের মত নীলাভ শিখায় জ্বলিতে থাকে। পর্যাপ্ত বায়ুতে এই বিক্রিয়ায় জলীয় বাষ্প এবং সালফার ডাই-অক্সাইড এবং অপর্যাপ্ত বায়ুতে জলীয় বাষ্প ও সালফার তৈরী হয়।



বিক্রিয়া ঃ $2H_2S + 3O_2$ (পর্যাপ্ত বায়ু) $= 2H_2O + 2SO_2$



$2H_2S + O_2$ (অপর্যাপ্ত বায়ু) $= 2H_2O + 2S$

পরীক্ষা ঃ (ক) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন গ্যাস ভরা গ্যাস-জারের মধ্যে একটি জ্বলন্ত পাট-কাঠি ধর। পাট-কাঠিটি নিভিয়া যাইবে কিন্তু গ্যাসটি জারের মুখে নীলাভ শিখায় জ্বলিতে থাকিবে।

(খ) কিপ্-যন্ত্রের নির্গম-নলের মুখে ছুঁচালো-মুখ কাচের নল লাগাইয়া গ্যাসটি জ্বালাইয়া দাও। চিমটার সাহায্যে একটি পোরসেলিন বাটি জ্বলন্ত গ্যাসের শিখায় ধর। পোরসেলিনের

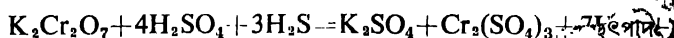
পায়ে কোন দাগ পড়িবে না। পাত্রটি শিখার ভিতর ছুঁচালো মুখের কাছাকাছি নাও। পাত্রের গায়ে হলুদ বর্ণের সালফার জমা হইবে।

এই গ্যাস ও বায়ুর মিশ্রণ তপ্ত লোহার অক্সাইডের উপর দিয়া চালাইলে সালফার তৈরী হয়। বিক্রিয়া : $2H_2S+O_2=2H_2O+2S$.

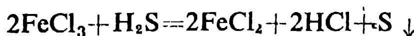
(ii) **বিজারণ ক্ষমতা** (Reducing property) : হাইড্রোজেন সালফাইড একটি বিশেষ বিজারক পদার্থ। তাই সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন গ্যাস চালাইলে— (ক) অ্যাসিড মিশ্রিত বেগুনী রঙের পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) দ্রবণ বর্ণহীন হইয়া যায়, (খ) অ্যাসিড মিশ্রিত কমলা রঙের পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) দ্রবণ সবুজ হইয়া যায়, (গ) হলুদ বর্ণের ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) দ্রবণ বর্ণহীন ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয় এবং প্রত্যেক ক্ষেত্রেই সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়। বিক্রিয়া :



$$2KMnO_4+3H_2SO_4+5H_2S=K_2SO_4+2MnSO_4+8H_2O+5S$$



$$K_2Cr_2O_7+4H_2SO_4+3H_2S=K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+7H_2O+3S$$



$$2FeCl_3+H_2S=2FeCl_2+2HCl+S\downarrow$$

(ঘ) ক্লোরিন বা ব্রোমিন জলে অথবা আয়োডিন দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড চালাইলে ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন বিজারিত হইয়া উহাদের অ্যাসিডে পরিণত হয় ও সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়। $Cl_2+H_2S=2HCl+S\downarrow$



$$Br_2+H_2S=2HBr+S\downarrow\ ;\ I_2+H_2S=2HI+S\downarrow$$

(ঙ) জলীয় বাষ্প সংস্পর্শে সালফার ডাই-অক্সাইডকেও ইহা বিজারিত করে। বিক্রিয়া : $SO_2+2H_2S=2H_2O+3S\downarrow$

(চ) ইহা নাইট্রিক ও সালফিউরিক অ্যাসিড বা হাইড্রোজেন পারক্সাইডকে বিজারিত করে।
$2HNO_3+H_2S=2H_2O+2NO_2+S$; $H_2SO_4+H_2S=2H_2O+SO_2+S$; $H_2O_2+H_2S=2H_2O+S$.

(ছ) তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ স্পর্শে ইহা মৌলরূপে বিচ্ছিন্ন হয়। $H_2S\rightarrow H_2+S$

(iii) **অ্যাসিড ধর্ম** (Acidic property) : হাইড্রোজেন সালফাইডের জলীয় দ্রবণে অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায়। এরূপ দ্রবণে নীল লিটমাস কাগজ ডুবাইলে তাহা লাল হইয়া যায়। **এই অ্যাসিড মৃদু কিন্তু ইহার লবণ স্থায়ী এবং প্রকৃতিতে ইহার ধাতব লবণ পাওয়া যায় বহুল পরিমাণে। এই অ্যাসিডের লবণকে বলা হয় সালফাইড।**

হাইড্রোজেন সালফাইড সনাক্তকরণ : এই গ্যাস (H_2S) সনাক্ত করা যায় (i) এই গ্যাসে পচা ডিমের গন্ধ, (ii) লেড অ্যাসিটেট-সিক্ত কাগজ (lead acetate paper) ইহার (H_2S) সংস্পর্শে কালো হইয়া যায়। বিক্রিয়া : $Pb(CH_3COO)_2+H_2S=PbS$ (কালো) $+2CH_3COOH$.

iii) রৌপ্যমুদ্রা ইহার (H_2S-এর) সংস্পর্শে কালো হইয়া যায়।

ইহা রূপা, সীসা ও পারদের সঙ্গে বিক্রিয়ায় উহাদের সালফাইড গঠন করে। তাই, রূপার চামচ উহার (H_2S) স্পর্শে কালো হইয়া যায়।

শোষক ঃ $Pb(NO_3)_2$, NaOH এবং KOH দ্রবণ H_2S গ্যাস শোষণ করিতে সক্ষম।

বিকারকরূপে হাইড্রোজেন সালফাইডের বৈশিষ্ট্য (Hydroge. ulphide as an analytical reagent) ঃ

বিভিন্ন ধাতুর সালফাইড লবণের মধ্যে কতকগুলি বৈশিষ্ট্য দেখা যায়। (i) সালফাইডে... এক একটি বিশিষ্ট বর্ণ। (ii) কোন কোন সালফাইড জলে, অ্যাসিডে সমভাবে ... (iii) কোনটি শুধু অ্যাসিডে দ্রবণীয়, ক্ষারে অদ্রবণীয়। সালফাই... এরূপ ধর্ম... র সুযোগ গ্রহণ করিয়া সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনের সহায়তায় অজ্ঞাত ধাতব যৌগিক... ক সনাক্ত করা যায় এবং বিভিন্ন ধাতুকে পরস্পর পৃথক্ করা যায়। অজ্ঞাত দ্রবণের ... যায় সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনকে এক অতি মূল্যবান বিকারকরূপে ব্যবহার কর... হয়।

(1) **অ্যাসিডে অদ্রবণীয় সালফাইড ঃ** কপার (Cu), লেড (Pb), মার্কারী (Hg), টিন (Sn), আর্সেনিক (As) ইত্যাদির সালফাইড লবণ লঘু অ্যাসিড দ্রবণে (acidic solution) অদ্রবণীয়। তাই এই সমস্ত ধাতব লবণের দ্রবণের মধ্যে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাইয়া তার মধ্যে ইহা (H_2S) চালাইলে অদ্রবণীয় ধাতব সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। বিক্রিয়া ঃ



$$CuSO_4+H_2S=CuS\downarrow(\text{কালো})+H_2SO_4$$



$$Pb(NO_3)_2+H_2S=PbS\downarrow(\text{কালো})+2HNO_3$$



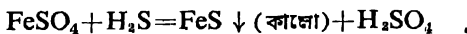
$$HgCl_2+H_2S=HgS\downarrow(\text{কালো})+2HCl$$

মারকিউরিক সালফাইড অধঃক্ষেপ প্রথমে সাদা, পরে হলুদ, তারপরে বাদামী এবং শেষ পর্যায়ে কালো হইয়া যায়। আরসেনিক সালফাইড হলুদ বর্ণের।

(2) **ক্ষারে অদ্রবণীয় সালফাইড ঃ** আয়রন (Fe), জিংক (Zn) ইত্যাদির সালফাইড ক্ষারীয় দ্রবণে (NH_4OH—alkaline solution) অদ্রবণীয় কিন্তু অ্যাসিড দ্রবণে দ্রবণীয়। তাই আয়রন বা জিংকের লবণের দ্রবণে অ্যামোনিয়া দ্রবণ মিশাইয়া তার মধ্যে ইহা (H_2S) চালাইলে অদ্রবণীয় অধঃক্ষেপ পড়ে। বিক্রিয়া ঃ



$$ZnSO_4+H_2S=ZnS\downarrow(\text{সাদা})+H_2SO_4$$



$$FeSO_4+H_2S=FeS\downarrow(\text{কালো})+H_2SO_4$$

(3) **জল, অ্যাসিড ও ক্ষারে দ্রবণীয় সালফাইড ঃ** ক্ষারীয় ধাতু সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও অ্যামোনিয়ামের সালফাইড জল, অ্যাসিড ও ক্ষারে সমভাবে দ্রবণীয়। তাই, যে কোন ক্ষারীয় দ্রবণে (NaOH, KCl, Na_2CO_3) এই গ্যাস (H_2S) চালাইলে কোন অদ্রবণীয় সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় না। অ্যাসিড ও ক্ষারে বিভিন্ন ধাতব সালফাইডের দ্রবণীয়তার সুযোগ গ্রহণ করিয়া ঃ

(i) বিভিন্ন ধাতব লবণের দ্রবণ হইতে ধাতবমূলক তথা ধাতুকে সনাক্ত করা (identification of metals) যায়;

(ii) বিভিন্ন ধাতব লবণের মিশ্রণ হইতে বিভিন্ন ধাতুকে পৃথক করা (separation of metals) যায়;

(iii) ... ধাতুকে কতকগুলি শ্রেণীতে ভাগ করা (classification of metals) যায়।

... সালফাইডের উল্লিখিত বৈশিষ্ট্যের সুযোগ গ্রহণ করিয়া সালফিউরেটেড হাইড্রো-... রসায়নাগারের একটি মূল্যবান বিকারকরূপে ব্যবহার করা হয়।

প্রধান হাইড্রা-অ্যাসিড সমূহ

প্রধান হাইড্রা-অ্যাসিডের নাম—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl), হাইড্রো-ব্রোমিক অ্যাসিড (HBr) এবং হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড (HI); ইহারা হাই... যৌগ নামেও পরিচিত, যথাঃ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, হাইড্রোজেন ব্রোমাইড এবং হাইড্রোজেন আয়োডাইড। হাইড্রোজেনের সালফাইড যৌগ (H_2S) মুখ্যত হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন নামে পরিচিত, কিন্তু ইহাকে হাইড্রো-সালফিউরিক অ্যাসিডও বলা হয়। ইহার অ্যাসিড ধর্ম মৃদু হওয়া সত্ত্বেও অ্যাসিডের সমস্ত বৈশিষ্ট্য এই হাইড্রো-সালফিউরিক অ্যাসিডে (H_2S) বর্তমান; ইহাতেও অন্যান্য হাইড্রাসিডের ন্যায় আয়ন বিয়োজন ঘটে। বিক্রিয়াঃ ($HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$; $HBr \rightleftharpoons H^+ + Br^-$ঃ $HI \rightleftharpoons H^+ + I^-$ এবং $H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^=$; হাইড্রো-সালফিউরিক অ্যাসিডও লিটমাসের নীল দ্রবণকে লাল বর্ণে রূপান্তরিত করে এবং ক্ষার বা ক্ষারীয় ধাতুর সঙ্গে প্রশমন-বিক্রিয়ায় **স্থায়ী ধাতব লবণ** (**সালফাইড** $M^{++}S^=$) গঠন করে। তাই, হাইড্রোজেন সালফাইডকে অন্যান্য হাইড্রোজেন হ্যালাইডের সঙ্গ একটি হাইড্রা-অ্যাসিডরূপে একত্রে আলোচনা করা হইল। হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড (HF) বা হাইড্রোজেন ফ্লুরাইড পাঠ্যক্রমের অন্তর্গত নয়। এই হাইড্রাসিডগুলির মধ্যে মুখ্য স্থান হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের। ইহার রাসায়নিক মূল্য সালফিউরিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রায় সমতুল্য বলিয়া ইহাও বৃহদায়তনে উৎপাদন করা হয়। হাইড্রোজেন সালফাইড অ্যানালিটিক্যাল রসায়নে (Analytical chemistry) একটি অতি মূল্যবান বিকারক (reagent) রূপে গণ্য।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (Hydrochloric Acid)

12·12. পরিচয়ঃ 1648 খ্রীষ্টাব্দে জার্মান বিজ্ঞানী গ্লবার সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে সাধারণ লবণ (common salt) জ্বাল দিয়া এক তেজী অ্যাসিড তৈরী করিতে সক্ষম হন। লবণ হইতে পাওয়া যায় বলিয়া অ্যাসিডের নাম দেওয়া হইল **লবণের নির্যাস** (spirit

of salt)। সামুদ্রিক লবণ হইতে অ্যাসিড তৈরী করা যায় বলিয়া প্রিস্টলী অ্যাসিডটির নামকরণ করেন—**সামুদ্রিক অ্যাসিড** (muriatic acid)।

বিজ্ঞানী হামফ্রে ডেভি (Davy) প্রমাণ করেন যে এই লবণের নির্যাস বা স দ্রিক অ্যাসিড ক্লোরিন ও হাইড্রোজেনের একটি যৌগিক পদার্থ। তিনি এরূপ পদার্থের নাম — **হাইড্রোজেন ক্লোরাইড**। ইহা অ্যাসিড বলিয়া পরে এই যৌগটির নাম হয় **হাইড্রোক্লোরি অ্যাসিড**।

প্রাকৃতিক প্রাপ্তি ঃ খাদ্য পরিপাকের জন্য যে অ্যাসিডটি নিত্য আমাদের পাক যন্ত্রের তৈরী হয়, যে অ্যাসিডের লবণ প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায় সমুদ্র জলে এবং সালফিউ সিডের পরেই যে অ্যাসিডটির গুরুত্ব বেশি, তারই নাম—**হাই অ্যাসিড** নের যৌগরূপে ইহার আর এক নাম—**হাইড্রোজেন ক্লোরাইড**। জীবদে পাক যন্ত্রে এবং আগ্নেয়গিরির গ্যাসে কিছুটা মুক্ত অ্যাসিড পাওয়া যায়। কিন্তু এই অ্য পাদানের প্রধান ভাণ্ডার সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) ও অন্যান্য ক্লোরাইড লবণ। 5 শতাংশ লবণ পাওয়া যায়। সমুদ্রজল বাষ্পায়িত করিয়া সোডিয়াম ক্লোরাইড সংগ্রহ করা হয়।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সংকেত—HCl এবং ইহার আণবিক ওজন 36·5।

12·13. প্রস্তুতি ঃ রাসায়নিক পদ্ধতি (Chemical principles of preparation) ঃ সোডিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তৈরী হয়। কারণ, সালফিউরিক অ্যাসিডের চেয়ে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বেশী উদ্বায়ী। বিক্রিয়াটি ঘটে দুই ধাপে। স্বল্প উত্তাপে (150°C—200°C) এই বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও সোডিয়াম বাই-সালফেট ($NaHSO_4$) তৈরী হয় এবং 500°C তাপমাত্রায় ঊর্ধ্বে সোডিয়াম সালফেট (Na_2SO_4) ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তৈরী হয়। রসায়নাগারে ও বৃহদায়তন উৎপাদনের পন্থায় এরূপ একই রকম বিক্রিয়া কার্যকরী করা হয়। বিক্রিয়াটি ঘটে এইভাবে ঃ


(i) $NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$ (150°C—200°C)

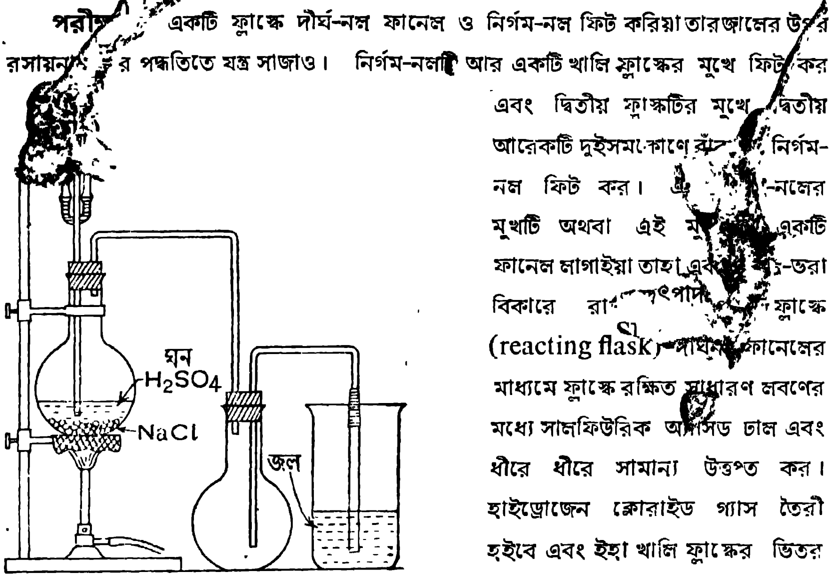

(ii) $NaHSO_4 + NaCl = Na_2SO_4 + HCl$ (500°C-এর ঊর্ধ্বে)

রসায়নাগারে প্রস্তুতি (Laboratory method) ঃ একটি ফ্লাস্কে দীর্ঘ-নল ফানেল ও নির্গম-নল ফিট করিয়া ইহার মধ্যে অল্প পরিমাণে সাধারণ লবণ (NaCl) লও। দীর্ঘ-নল ফানেলের মাধ্যমে লবণের মধ্যে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ঢাল। প্রথমে বিনা তাপেই বিক্রিয়া শুরু হয়। পরে সামান্য উত্তপ্ত করিলে দ্রুত ফ্লাস্ক হইতে বর্ণহীন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস নির্গত হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস জলে বিশেষভাবে দ্রবণীয় বলিয়া জল সরাইয়া এই গ্যাসটি সংগ্রহ করা সম্ভব নয়। গ্যাসটি বায়ুর চেয়ে ভারী। সেজন্য গ্যাসজারের বায়ু ঊর্ধ্বমুখে সরাইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস সরাসরি ভাবে সংগ্রহ করা হয়।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ (Solution of HCl) ঃ সাধারণত

রসায়নাগারে ও শিল্পের কাজে যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় তাহা হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ। জলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস এত বেশী দ্রবণীয় যে 1 ml. জলে প্রায় 450 ml. অ্যাসিড গ্যাস দ্রবীভূত করা যায়। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণকেই হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বলা হয়।

পরীক্ষা: একটি ফ্লাস্কে দীর্ঘ-নল ফানেল ও নির্গম-নল ফিট করিয়া তারজালের উপরে রসায়নাগারের পদ্ধতিতে যন্ত্র সাজাও। নির্গম-নলটি আর একটি খালি ফ্লাস্কের মুখে ফিট কর এবং দ্বিতীয় ফ্লাস্কটির মুখে দ্বিতীয় আরেকটি দুইসমকোণে বাঁকা নির্গম-নল ফিট কর। ঐ নির্গম-নলের মুখটি অথবা এই মুখে একটি ফানেল লাগাইয়া তাহা একটি জল-ভরা বিকারে রাখ। উৎপাদী ফ্লাস্কে (reacting flask) দীর্ঘনল ফানেলের মাধ্যমে ফ্লাস্কে রক্ষিত সাধারণ লবণের মধ্যে সালফিউরিক অ্যাসিড ঢাল এবং ধীরে ধীরে সামান্য উত্তপ্ত কর। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস তৈরী হইবে এবং ইহা খালি ফ্লাস্কের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইয়া বীকারের জলে দ্রবীভূত হয় এবং এইভাবে তৈরী হয় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড।



হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতি

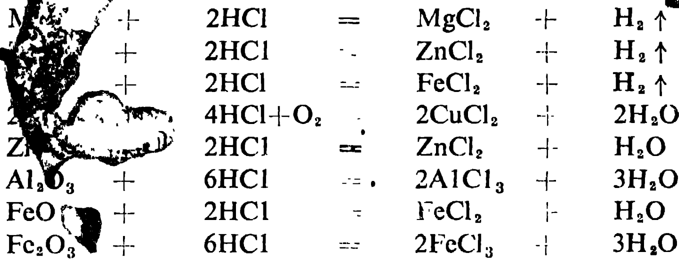
সতর্কতা (Precautions) : হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলে খুব বেশি মাত্রায় দ্রবণীয়। তাই বিক্রিয়া-ফ্লাস্ক হইতে সরাসরিভাবে নির্গম-নল বীকারের জলে ডুবাইয়া রাখিলে **পশ্চাৎ-শোষণের** ফলে বিক্রিয়া ফ্লাস্কে জল ঢুকিয়া বিস্ফোরণ ঘটিতে পারে। বিক্রিয়া-ফ্লাস্কে যাহাতে জল ঢুকিতে না পারে সেজন্য মাঝপথে অপর একটি ফ্লাস্ক ব্যবহার করা হয়।

12·14. হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ধর্ম : (a) **ভৌত ধর্ম** : হাইড্রোজেন ক্লোরাইড একটি (i) বর্ণহীন ঝাঁঝাল-গন্ধী গ্যাস, (ii) চাপ ও হিমতায় এই গ্যাসটিকে প্রথমে তরল ও পরে কঠিন পদার্থেও পরিণত করা যায়, (iii) গ্যাসটি বায়ুর চেয়ে ভারী (বাষ্প ঘনত্ব 18·25) এবং (iv) জলে অতিমাত্রায় দ্রবণীয়। বাণিজ্যিক প্রয়োজনে ও রসায়নাগারে যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় তাহা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের জলীয় দ্রবণ।

(b) **রাসায়নিক ধর্ম** : (i) **দহনশীলতা** (combustibility) : হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস নিজে জ্বলে না, অন্য পদার্থকেও জ্বলিতে সাহায্য করে না। অর্থাৎ, ইহা দাহক বা **দহনশীল** নয়।

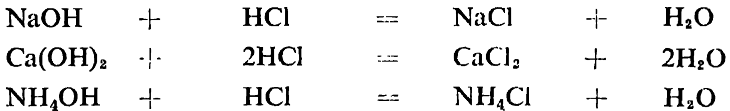
(ii) **তেজী অ্যাসিড** (Strong acid) : হাইড্রোজেন ক্লোরাইড একটি তেজী অ্যাসিড। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড স্বাদে অম্ল। এই অ্যাসিডের সংস্পর্শে নীল লিটমাস লাল হইয়া যায়। ইহার হাইড্রোজেন ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া ক্লোরাইড গঠন করে। এই অ্যাসিডের লবণকে বলা হয় **ক্লোরাইড**। যথা : NaCl, $MgCl_2$, $CaCl_2$ বা NH_4Cl ইত্যাদি। এই অ্যাসিড ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ ও জল গঠন করে; জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্ভব। বিক্রিয়া : $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$.

(iii) **ধাতু ও ধাতুর অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action on metals and metallic oxides) : হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং ধাতু বা ধাতুর অক্সাইডের বিক্রিয়ায় ক্লোরাইড গঠিত হয়। বিক্রিয়া :



Mg	+	2HCl	=	$MgCl_2$	+	$H_2 \uparrow$
Zn	+	2HCl	=	$ZnCl_2$	+	$H_2 \uparrow$
Fe	+	2HCl	=	$FeCl_2$	+	$H_2 \uparrow$
2Cu	+	$4HCl + O_2$	=	$2CuCl_2$	+	$2H_2O$
ZnO	+	2HCl	=	$ZnCl_2$	+	H_2O
Al_2O_3	+	6HCl	=	$2AlCl_3$	+	$3H_2O$
FeO	+	2HCl	=	$FeCl_2$	+	H_2O
Fe_2O_3	+	6HCl	=	$2FeCl_3$	+	$3H_2O$

(iv) **ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action with alkali) : হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া লবণ ও জল প্রস্তুত করে।

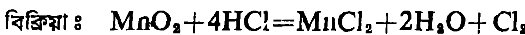


NaOH	+	HCl	=	NaCl	+	H_2O
$Ca(OH)_2$	+	2HCl	=	$CaCl_2$	+	$2H_2O$
NH_4OH	+	HCl	=	NH_4Cl	+	H_2O

(v) **অ্যাকোয়া-রিজিয়া** (Aqua regia) : 3 আয়তন ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও 1 আয়তন ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের মিশ্রণকে অ্যাকোয়া-রিজিয়া বলে। সোনা ও প্লাটিনাম ধাতু কোন অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না; কিন্তু অ্যাকোয়া-রিজিয়াতে দ্রবীভূত হয়।

(vi) **নিশাদল বা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড** (Ammonium chloride) : অ্যামোনিয়া গ্যাস ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের সংযোগে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড বা নিশাদল নামে একটি **কঠিন** পদার্থ গঠিত হয়। বিক্রিয়া : $NH_3 + HCl \rightleftharpoons NH_4Cl$

(vii) **অ্যাসিডের জারণ** (Oxidation of HCl) : উত্তপ্ত অবস্থায় ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করিয়া ক্লোরিন উৎপন্ন করে।



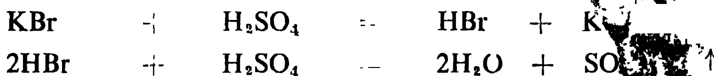
বিক্রিয়া : $MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$

12·15. ব্যবহার : সালফিউরিক অ্যাসিডের পরেই শিল্পজগতে প্রচুর পরিমাণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। এই অ্যাসিড প্রধানত—(i) রঙ ও ঔষধ, (ii) ধাতুর ক্লোরাইড এবং (iii) গ্লুকোজ, সিরাপ ও 'গ্লু' আঠা তৈরী করার জন্য, (iv) লোহাকে দস্তা দ্বারা

গ্যালভেনাইজ করা, টিনের প্রলেপ দেওয়ার জন্য, (v) হাড়ের অঙ্গারের ক্যালসিয়াম ফসফেট গলাইবার জন্য, (vi) অ্যাকোয়া-রিজিয়া তৈরী করার জন্য—ব্যবহার করা হয়।

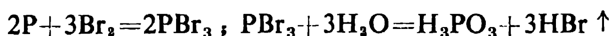
হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড (Hydrogen bromide)

12·16 ...য়নাগারে প্রস্তুতি (Laboratory process)ঃ ক্লোরাইড লবণের উপর ঘন ...ফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড তৈরী করা যায়। কিন্তু ধাত... ...ইডের সঙ্গে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড ...া যায় না। কারণ, এরূপ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের সঙ্গে ...তিরিক্ত ... অ্যাসিডের দ্বিতীয় পর্যায়ের বিক্রিয়ায় ব্রোমিন তৈরী হয়। বি...

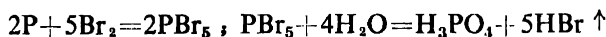


$$KBr + H_2SO_4 = HBr + K...$$
$$2HBr + H_2SO_4 = 2H_2O + SO... \uparrow$$

তাই, রসায়নাগারে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড তৈরী করা হয় পরোক্ষভাবে। ...ফসফরাসের সঙ্গে ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় প্রথম পর্যায়ে তৈরী করা হয় ফসফরাসের ট্র... ও পেন্টা ব্রোমাইড (PBr_3, PBr_5) এবং দ্বিতীয় পর্যায়ে ফসফরাসের ব্রোমাইড যৌগ দুইটি জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড (HBr) এবং ফসফরাস অ্যা... (H_3PO_3) ও ফসফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) তৈরী করে। বিক্রিয়াঃ

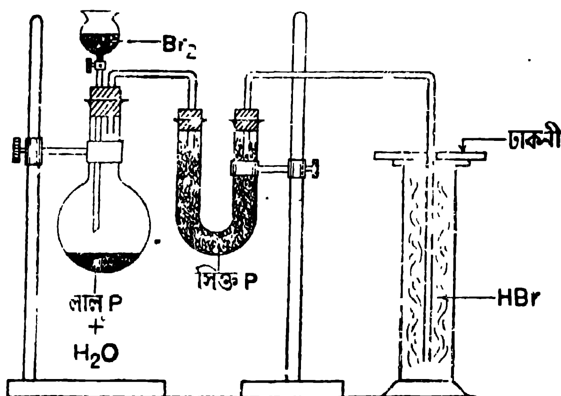


$$2P + 3Br_2 = 2PBr_3 \;;\; PBr_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HBr \uparrow$$



$$2P + 5Br_2 = 2PBr_5 \;;\; PBr_5 + 4H_2O = H_3PO_4 + 5HBr \uparrow$$

পরীক্ষাঃ একটি নির্গম-নল ও বিন্দুপাতী ফানেল (dropping funnel) ফিট করা ফ্লাস্কের মধ্যে **লাল ফসফরাস** এবং প্রায় দ্বিগুণ আয়তনের জল লও। ব্রোমিন শোষণ



রসায়নাগারে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

করিবার জন্য ফ্লাস্কে সংযুক্ত নির্গম-নলটি সিক্ত-লাল-ফসফরাসে মাখানো কাঁচের টুক্‌রা-ভরা

একটি U-নলের সঙ্গে ফিট কর। U-নলের অপর পার্শ্বের মুখ আর একটি বড় নির্গম-নলের সঙ্গে যুক্ত করিয়া সেই নির্গম-নলের মুখটি একটি চিৎ-করা গ্যাস জারের মধ্যে রাখ।

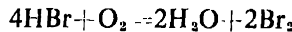
পরীক্ষার যন্ত্রপাতি এইভাবে সাজাইয়া ফ্লাস্কের জল ও ফসফরাস মিশ্রণ মৃদু তাপে উত্তপ্ত কর এবং বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া তরল ব্রোমিন লাল ফসফরাসের উপর ফেল। ফ্লাস্কে হাইড্রোব্রোমিক-অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হইবে এবং ইহার সঙ্গে যদি উদ্বায়ী ব্রোমিন মিশ্রিত থাকে তবে U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হওয়ার সময় লাল ফসফরাস তাহা শোষণ করিবে। বায়ু হইতে অপেক্ষাকৃত ভারী বলিয়া হাইড্রোজেন ব্রোমাইড গ্যাসজারের বায়ু নিম্নমুখে সরাইয়া গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

12·17. হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের ধর্ম : হাইড্রোজেন ব্রোমাইড তীব্র গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস এবং ইহা জলে বিশেষভাবে দ্রবণীয়। ইহার জলীয় দ্রবণই সাধারণত হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড নামে পরিচিত। অ্যাসিডের সম্পৃক্ত দ্রবণ আর্দ্র বায়ুতে ধূমায়িত হইতে দেখা যায়। গ্যাসটি শীতল করিয়া তরল ও কঠিন পদার্থে পরিণত করা যায়। ইহার গঠন অপেক্ষাকৃত দুর্বল,—উচ্চচাপে ইহা বিশ্লেষিত হইয়া যায়। বিক্রিয়া :



$$2HBr \rightleftharpoons H_2 + Br_2$$

সূর্যালোকে বায়ুর সংস্পর্শে ইহা জারিত হইয়া ব্রোমিন উৎপন্ন করে। বিক্রিয়া :

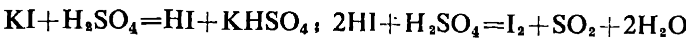


$$4HBr + O_2 = 2H_2O + 2Br_2$$

ইহা বেশ তেজী অ্যাসিড বলিয়া ধাতু ও ক্ষার বা ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ধাতব ব্রোমাইড লবণ গঠন করে। বিক্রিয়া : $NaOH + HBr = NaBr + H_2O$

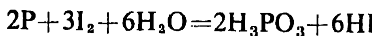
হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড (Hydriodic Acid)

12·18. রসায়নাগারে প্রস্তুতি (Laboratory process) : হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের ন্যায় হাইড্রোজেন আয়োডাইড পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI) যৌগের সঙ্গে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া তৈরী করা হয় না। কারণ, উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়োডাইডের সঙ্গে অতিরিক্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় আয়োডিন তৈরী হয়। বিক্রিয়া :



$$KI + H_2SO_4 = HI + KHSO_4 ; \quad 2HI + H_2SO_4 = I_2 + SO_2 + 2H_2O$$

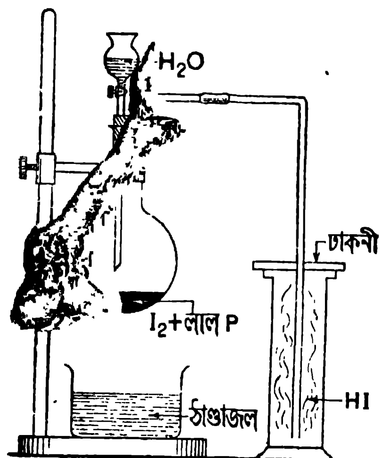
তাই হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের ন্যায় জলে সিক্ত লাল ফসফরাস ও আয়োডিনের বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন আয়োডাইড তৈরী করা হয়। বিক্রিয়া :



$$2P + 3I_2 + 6H_2O = 2H_3PO_3 + 6HI$$

পরীক্ষা : নির্গম-নল ও বিন্দুপাতী ফানেল ফিট করা একটি ফ্লাস্কে রাখা হয় আয়োডিন ও **লাল** ফসফরাস মিশ্রণ **(সাদা ফসফরাস ও আয়োডিনের সংযোগে বিস্ফোরণ ঘটে)।** ইহার উপরে বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া জল ফেলা হয়। এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়োডাইড (HI) গ্যাস বায়ু হইতে ভারী বলিয়া খাড়া গ্যাসজারের বায়ু

উর্ধ্বমুখে অপসারিত করিয়া ইহা সংগ্রহ করা হয়। আয়োডিন কঠিন পদার্থ বলিয়া নির্গত গ্যাসের সঙ্গে আয়োডিন মিশ্রিত থাকে না। তাই এরূপ পদ্ধতিতে উৎপন্ন গ্যাস লাল ফসফরাসের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করার প্রয়োজন হয় না।

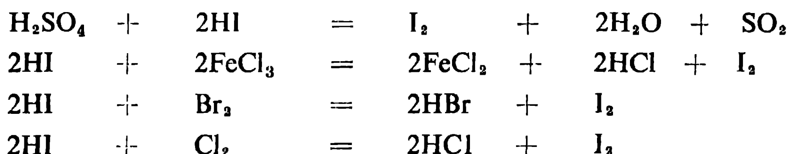


রসায়নাগারে হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুতি

12·19 হাইড্রায়োডিক অ্যাসিডের ধর্ম ঃ হাইড্রোজেন আয়োডাইড ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত একটি বর্ণহীন গ্যাস এবং ইহা জলে বিশেষভাবে দ্রবণীয়। এই জলীয় দ্রবণ সাধারণত হা[illegible]য়োডিক অ্যাসিড নামে পরিচিত। সা[illegible] তাপ বা সূর্যালোকে ইহা বিশ্লিষ্ট হইয়া [illegible]ন নির্মুক্ত করে। $2HI \rightleftharpoons H_2+I_2$. হাইড্রো[illegible]রাইড বা ব্রোমাইডের চেয়ে ইহা সহজে [illegible] কঠিন অবস্থায় পরিণত কর[illegible]য়োডিক অ্যাসিডও অন্যান্য হ্যালোজেন অ্যা[illegible]ডের ন্যায় বিভিন্ন ধাতু ও ক্ষারের সঙ্গে [illegible]ক্রিয়ায় ধাতব লবণ তৈরী করে (KI, HgI_3 PbI_2, ইত্যাদি]।

বিজারক ধর্ম ঃ হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড একটি তীব্র বিজারক দ্রব্য (reducing agent)। ইহা বিভিন্ন পদার্থকে বিজারিত করে কিন্তু নিজে জারিত হইয়া অর্থাৎ ইলেকট্রো-পজিটিভ হাইড্রোজেন হারাইয়া আয়োডিনে পরিণত হয়। বায়ুর সংস্পর্শেও ইহার আয়োডিন বিযুক্ত হয়। বিক্রিয়া ঃ $4HI+O_2=2H_2O+2I_2$

ইহার বিজারণ বিক্রিয়ার ফলে বিভিন্ন বিক্রিয়া ঘটে। উদাহরণস্বরূপ উচ্চযোজী ফেরিক যৌগ নিম্নযোজী ফেরাস যৌগে পরিণত হয় এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটে। ইহা ক্লোরিন ও ব্রোমিন এবং নাইট্রিক অ্যাসিড ইত্যাদিকেও বিজারিত করে। বিক্রিয়া ঃ



$$H_2SO_4 + 2HI = I_2 + 2H_2O + SO_2$$
$$2HI + 2FeCl_3 = 2FeCl_2 + 2HCl + I_2$$
$$2HI + Br_2 = 2HBr + I_2$$
$$2HI + Cl_2 = 2HCl + I_2$$

প্রশ্ন

1. অ্যামোনিয়া গ্যাসের সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া পরীক্ষাসহ বর্ণনা কর ঘন-হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে কি ঘটিবে ?

2. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত (a) লোহা, (b) ফেরিক অক্সাইড (c) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, ও (d) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের বিক্রিয়ার বিবরণ দাও। বিক্রিয়াগুলি কি

অবস্থায় কিরূপভাবে ঘটে এবং লক্ষণীয় পরিবর্তন কি হইবে—উহার বিবরণসহ সমীকরণ উল্লেখ কর।

3. রসায়নাগারে কিভাবে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস তৈরী এবং সংগ্রহ করা যায়? গ্যাস তৈরী করিবার যন্ত্রটির পরিষ্কার চিত্র অঙ্কন কর। বিক্রিয়ার সমী[illegible]রণ লিখ। এক বা একাধিক পরীক্ষা বর্ণনা করিয়া ইহার জলে দ্রবণীয়তা ও অ্যাসিড ধর্মের [illegible]দাহরণ দাও। লঘু সিলভার নাইট্রেটের উপরে ইহার ক্রিয়া বর্ণনা কর।

4. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ন্যায় ক্ষারীয় ব্রোমাইড বা ক্ষারী[illegible] [illegible]য়োডাইড লবণ সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রি[illegible]য় হাইড্রোব্রোমিক বা হাইড্রো-আয়ো[illegible] [illegible]অ্যাসিড তৈরী [illegible]া যায় না কেন? কিভাবে এরূপ অ্যাসিড রসায়নাগারে তৈরী করা যায়?

[illegible] তাপ বা সূর্যালোকে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের উপরে কিরূপ ক্রিয়া [illegible] [illegible]হাইড্রো-অ[illegible] অ্যাসিড জারক না বিজারক পদার্থ? তিনটি বিক্রিয়া লিখিয়া ব[illegible]

[illegible]কিপ্-যন্ত্রের একটি পরিষ্কার চিত্র অঙ্কন করিয়া হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতিতে উহার [illegible] বুঝাইয়া দাও।

[illegible]িক বিশ্লেষণে বিকারকরূপে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসের ব্যবহার ব্যাখ্যা ক[illegible]

[illegible]. রসায়নাগারে ব্যবহারের জন্য সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন কি প্রকারে পাওয়া যায়? কিপ্-[illegible]র একটি চিত্র অঙ্কন কর। (a) অক্সিজেন এবং (b) সালফার ডাই-অক্সাইডের সহিত [illegible] গ্যাস বিক্রিয়া ঘটায় কি শর্তাধীনে এবং কিসে পরিণত হয়?

ধাতব-মূলকের রাসায়নিক বিশ্লেষণের ক্ষেত্রে ইহার প্রয়োগের প্রয়োজনীয়তা বিবৃত কর।

9. কিপ্-যন্ত্রে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার না করিয়া লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড কেন ব্যবহৃত হয়—ব্যাখ্যা কর।

10. রসায়নাগারে বিশুদ্ধ অবস্থায় অ্যামোনিয়া-প্রস্তুতি ও সংগ্রহ-পদ্ধতি বর্ণনা কর; (a) জলে অ্যামোনিয়ার অতি দ্রবণীয়তা, (b) ইহার ক্ষারীয় ধর্ম এবং (c) দাহক বা দহনশীলতা—একটি একটি পরীক্ষা দ্বারা বর্ণনা কর। অ্যামোনিয়াকে নাইট্রিক অক্সাইড বা নাইট্রিক অ্যাসিডে জারিত করিবার শর্ত কি বর্ণনা কর। অ্যামোনিয়া কি ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড বা ফসফরাস পেন্টক্সাইড দ্বারা বিশুদ্ধ করা যায়?

11. রসায়নাগারে বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়া গ্যাস কি প্রকারে তৈরী করা হয়? যন্ত্রটি চিত্র সহ দেখাও। পরীক্ষার দ্বারা বর্ণনা কর—(a) ইহার অক্সিজেনে প্রজ্বলন এবং (b) জলে অতি দ্রবণশীলতা। (a) এবং (b) বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থ কি কি? অ্যামোনিয়া অথবা অ্যামোনিয়াম যৌগের ব্যবহারের দুইটি করিয়া উদাহরণ দাও।

12. (i) জিংক সালফেট, (ii) $CuSO_4$ (iii) $FeCl_4$ এবং (iv) নেস্লার দ্রবণের সহিত অ্যামোনিয়ার সংযোগে কি ঘটে তাহা লিখ।

13. কিভাবে ফসফিন তৈরী করা যায়? ফসফিন তৈরী করার সময়ে ধূম্র-বলয় সৃষ্টি হয় কেন? ফসফিনের ধর্ম লিখ। ফসফোনিয়াম আয়োডাইড কিভাবে গঠিত হয়?

14. অ্যামোনিয়া ও ফসফিনের তুলনা কর।

---

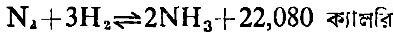
13 কয়েকটি রাসায়নিক পদার্থের বৃহদায়তন উৎপাদন

(Large-scale production of some chemical compounds)

13·1. অ্যামোনিয়ার বৃহদায়তন উৎপাদন (Large-scale or commercial production) :

হাবার পদ্ধতি : বৃহদায়তনে অ্যামোনিয়া উৎপাদন করা হয় প্রধানতঃ হাবারের হাইড্রোজেন-নাইট্রোজেন সংযুতি পদ্ধতিতে।

(ক) **রাসায়নিক তত্ত্ব** (Chemical principle) : হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের সংযুতি (synthetic) বিক্রিয়াটি প্রতিমুখী (reversible) :



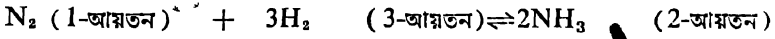
$$N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3+22,080 \text{ ক্যালরি}$$

লা সাটেলিয়ার প্রণীতি (principle) অনুযায়ী এরূপ প্রতিমুখী বিক্রিয়া সাম্য (equilibrium) অবস্থায়, নিম্ন তাপমাত্রা এবং উচ্চ চাপে সম্মুখ-মুখী বিক্রিয়ায় পরিণত হয়। এরূপ শর্তে সর্বাধিক অ্যামোনিয়া উৎপাদন সম্ভব হয়। এজন্য তাপমাত্রা ও চাপ প্রয়োগ করা হয় যথাক্রমে 500°C এবং 200 বায়ু-চাপ (atmospheric pressure) এরূপ বিক্রিয়া সম্পন্ন করার জন্য অ্যালুমিনা (Al_2O_3) এবং পটাসিয়াম অক্সাইড (K_2O) মিশ্রিত বিশুদ্ধ আয়রন বা লোহাকে অনুঘটক (catalyst) এবং প্রভাবক (promoter) রূপে ব্যবহার করা হয়। এরূপ বিক্রিয়ায় 12% অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয় এবং উচ্চ চাপ ও তাপমাত্রা প্রযুক্ত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের গ্যাস মিশ্রণকে পুনরায় প্রভাবক যন্ত্রে প্রেরণ করা হয়। এইভাবে একই হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণ বার বার ব্যবহার করা যায় বলিয়া অ্যামোনিয়ার উৎপাদন ব্যায় হ্রাস পায়।

(খ) **হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন প্রস্তুতি** : কোক ও বাষ্পের উত্তপ্ত বিক্রিয়ায় ওয়াটার গ্যাস (water gas) তৈরী করা হয়। এই গ্যাসে থাকে,—40% H_2 ; 30% CO ; এবং 12% N_2 ; এই মিশ্র-গ্যাসের সঙ্গে অতিরিক্ত **জলীয় বাষ্প** (steam) মিশ্রিত করিয়া ক্ষারদ্বারা বিকৃত **সক্রিয় লোহার** (active iron) অনুঘটন কক্ষে প্রেরণ করা হয়। এই অনুঘটন কক্ষে 300°C তাপমাত্রার প্রভাবে কার্বন মনোক্সাইডকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। [$CO+H_2O \rightleftharpoons CO_2\uparrow+H_2\uparrow$] অনুঘটক কক্ষ হইতে নির্গত মিশ্র-গ্যাস চাপপ্রযুক্ত জলের মধ্যে প্রবাহিত করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড অপসারিত করিয়া দ্রবীভূত করা হয়। নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণে যে স্বল্প কার্বন মনোক্সাইড থাকে তাহা অপসারণ করার জন্য এরূপ মিশ্রগ্যাস পুনরায় অ্যামোনিয়াক্যাল কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে প্রবাহিত করিলে এই দ্রবণের মধ্যে কার্বন মনোক্সাইড দ্রবীভূত হয়।

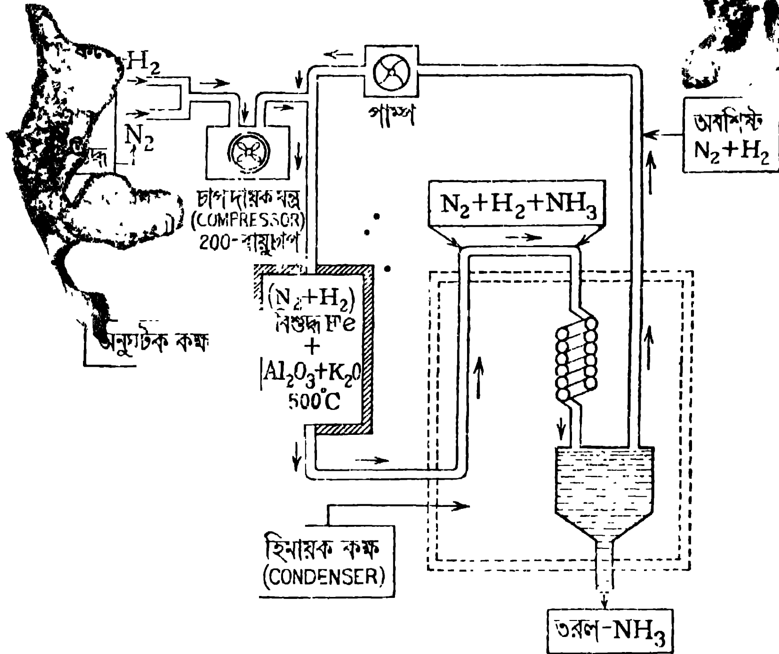
এখন অবশিষ্ট হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণে তরল বায়ুর প্ল্যান্ট হইতে অতিরিক্ত

নাইট্রোজেন সরবরাহ করিয়া হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন গ্যাসের আয়তনের অনুপাত রাখা হয়—3 ঃ 1, কারণ অ্যামোনিয়া গঠনের বিক্রিয়ার আয়তনিক সম্পর্ক নিম্নরূপ ঃ



N_2 (1-আয়তন) + $3H_2$ (3-আয়তন) $\rightleftharpoons 2NH_3$ (2-আয়তন)

(গ) **পদ্ধতি (Process)** ঃ এক আয়তন নাইট্রোজেন এবং তিন-আয়তন হাইড্রোজেনের অনুপাতে এই গ্যাস দুইটি বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অবস্থায় বায়ু-চাপক যন্ত্রে প্রেরণ করা হয়। এই মিশ্র-গ্যাসের উপর 200 বায়ু-চাপ প্রযুক্ত করা হয়। এই চাপ-যুক্ত মিশ্র-গ্যাস পরের পর্যায়ে বিশুদ্ধ লোহার সঙ্গে অ্যালুমিনা ও পটাসিয়াম অক্সাইড মিশ্রিত এবং 500°C তাপমাত্রায় স্থাপিত উ[illegible]কের সঙ্গে



হাবার পদ্ধতির চিত্র

সংস্পর্শের উদ্দেশ্যে **অনুঘটক কক্ষে** পাম্পের সাহায্যে প্রেরণ করা হয়। এই অনুঘটক কক্ষে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাস আংশিকভাবে অ্যামোনিয়াতে (12%) পরিণত হয়। অনুঘটক কক্ষ হইতে নির্গত ($NH_3+N_2+H_2$)—এই মিশ্র গ্যাস **হিমায়কের** (condenser) মধ্যে প্রেরণ করিলে অ্যামোনিয়া তরলাকারে পরিণত হয় এবং ইহা উপযুক্ত পাত্রে সংগ্রহ করা হয়। অবশিষ্ট হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন গ্যাস মিশ্রণ পাম্পের সাহায্যে পুনরায় অনুঘটক কক্ষে প্রেরিত হয়।

বিভিন্ন দেশে অনুঘটক ক্ষেত্রে চাপ, তাপমাত্রা এবং অনুঘটক প্রস্তুতির পদ্ধতি পরিবর্তন করিয়া হাবারের মূল-নীতির ভিত্তিতে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন করা হয়। অনেক ক্ষেত্রে কোক-ওভেন

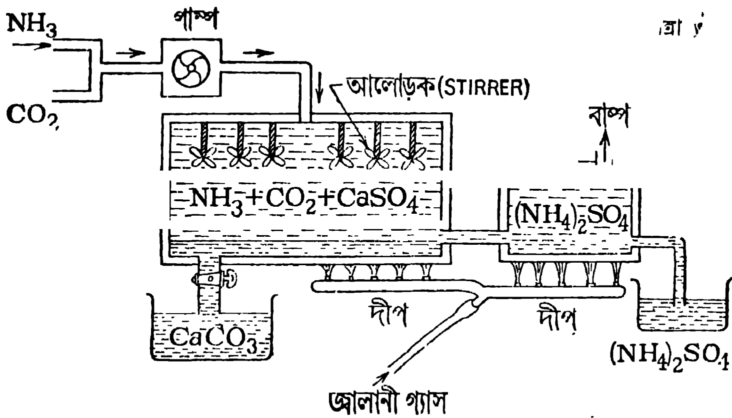
গ্যাস এবং তরল বায়ুর নাইট্রোজেন মিশ্রিত করিয়া হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন মিশ্রণ প্রস্তুত করা হয়। এরূপ ক্ষেত্রে অধিকমাত্রায় অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বৃদ্ধি করা সম্ভব হইয়াছে।

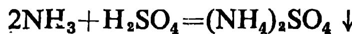
অ্যামোনিয়াজাত সার উৎপাদন

অ্যামোনি[illegible] ক্যালসিয়াম ফসফেটকে মূল উপাদানরূপে ব্যবহার করিয়া বিভিন্ন সার তৈরী করা হয় [illegible] ক্ষেত্রে নাইট্রোজেন ও ফসফরাস সর[illegible]রাহ করা একান্ত প্রয়োজন। শস্যক্ষেত্রে অ্যা[illegible] লবণগুলি সহজেই নাইট্রোজেন সরবরাহ করিতে পারে। [নাইট্রোজেনের লবণগুলির সার[illegible] যা 'অ্যামোনিয়া'—অধ্যায়ে আলোচনা করা হইয়াছে।]

রাসায়নিব [illegible]ক্ষেত্রে সাররূপে প্রধানত,—(i) অ্যামোনিয়াম সালফেট, (ii) [illegible]র এবং (iii) ক্যালসিয়াম সুপার ফসফেট ব্যবহার করা হয়।

13·2. অ্যামোনিয়াম সালফেট উৎপাদন : পূর্বে কয়লা[illegible]টে কোল-পিটে বা কয়লার স্তূপের অন্তর্ধূম পাতন পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন কর[illegible]র [illegible]নয়ার




অ্যামোনিয়াম সালফেট প্রস্তুতি

উৎপাদন অধ্যায় দেখ]। এই অপরিস্রুত অ্যামোনিয়া সরাসরি সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে প্রবাহিত করিয়া অ্যামোনিয়াম সালফেট তৈরী করা হইত।

$$2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4\downarrow$$

বর্তমান হাবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করিয়া ভিন্নভাবে অ্যামোনিয়াম সালফেট তৈরী করা হয়। বিহারের সিন্দ্রী সার কারখানায় লোহা ও মলিবডেনাম অনুঘটক ব্যবহার করিয়া হাবার-পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া তৈরী করা হয়। এই অ্যামোনিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া জলে-ভাসমান জিপসাম-চূর্ণের $[CaSO_4, 2H_2O]$ মধ্যে এই গ্যাস মিশ্রণ

প্রবাহিত করা হয়। এরূপ বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম সালফেট দ্রবণ তৈরী হয় এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। বিক্রিয়া ঃ



$$2NH_3+H_2O+CaSO_4+CO_2=(NH_4)_2SO_4+CaCO_3\downarrow$$

অ্যামোনিয়াম সালফেট দ্রবণ পরিস্রুত করিয়া ঘন করা হইলে কেলাস[illegible]র অ্যামোনিয়াম সালফেট গঠিত হয়। উপজাত পদার্থরূপে ক্যালসিয়াম কার্বনেট নিকটবর্তী [illegible]ন্ট কারখানায় সিমেন্ট উৎপাদনের জন্য ব্যবহার করা হয়।

13.3. ইয়ুরিয়া উৎপাদন ঃ ইয়ুরিয়া একটি বিশেষ উপযোগী এবং [illegible] বহ্বত সার [illegible] ভারতে ইয়ুরিয়া-সার উৎপাদনের কারখানা স্থাপন করা হইয়াছে [illegible]রিয়া উৎপ[illegible] [illegible]ধান উপাদান—অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইড।

[illegible] তরল অ্যামোনিয়া ও তরল কার্বন ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়ায় প্রথমে **কার্বামিক অ[illegible]** গঠিত হয়। বিক্রিয়া ঃ



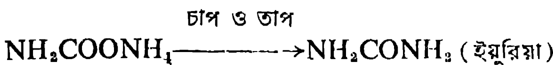
$$[illegible]\longrightarrow NH_2.COOH$$ [কার্বামিক অ্যাসিড]

([illegible]) [illegible] কার্বামিক অ্যাসিড অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়ায় **অ্যামোনিয়াম কার্বামেট** গঠন করে। বিক্রিয়া ঃ



$$NH_2.COOH+NH_3\longrightarrow NH_2COONH_4$$ [অ্যামোনিয়াম কার্বামেট]

(গ) এই অ্যামোনিয়াম কার্বামেটের উপরে চাপ প্রয়োগ করিলে 150°C তাপমাত্রায় ইহা ইয়ুরিয়াতে পরিণত হয়। বিক্রিয়া ঃ



$$NH_2COONH_4\xrightarrow{\text{চাপ ও তাপ}}NH_2CONH_2$$ (ইয়ুরিয়া)

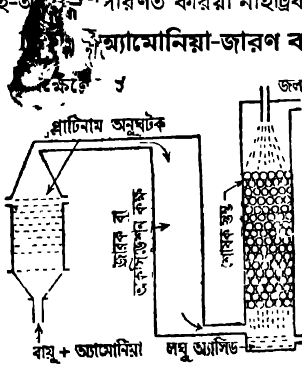
নাইট্রিক অ্যাসিডের বাণিজ্যিক উৎপাদন

অজৈব অ্যাসিডের মধ্যে অক্সি-অ্যাসিড—সালফিউরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিডদ্বয় এবং হাইড্রা-অ্যাসিড—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মুখ্য রাসায়নিক পদার্থরূপে গণ্য। [হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বাদশ পরিচ্ছেদ দ্রষ্টব্য]; খুব কম শিল্পই আছে,—যেখানে সালফিউরিক বা নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয় না। বিস্ফোরক পদার্থ তৈরী করার জন্যও নাইট্রিক অ্যাসিড ও সালফিউরিক অ্যাসিড প্রয়োজন। প্রতিটি শিল্পোন্নত দেশে এই দুইটি অ্যাসিড এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উৎপাদন করা হয় বিপুল পরিমাণে। এরূপ পদ্ধতিকে বলা হয় **বৃহদায়তন বা বাণিজ্যিক উৎপাদন পদ্ধতি** (Large scale or commercial production)।

তিনটি প্রধান পদ্ধতিতে বৃহদায়তনে নাইট্রিক অ্যাসিডের উৎপাদন করা যায়। (i) **রিটর্ট পদ্ধতি বা পাতন পদ্ধতি** (Distillation Process) ঃ রিটর্টের মধ্যে সোডিয়াম নাইট্রেট ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ স্বল্পতাপে পাতিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়। পাতন পদ্ধতিতে যে কঠিন সোডিয়াম সালফেট তৈরী হয়, ইহার অপসারণ ব্যয়সাধ্য বলিয়া এই পদ্ধতি বর্তমানে প্রায় পরিত্যক্ত। (ii) **আর্ক পদ্ধতি** বা **সংশ্লেষণী পদ্ধতি**

(Arc process or Synthetic process) বায়ুর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন হইতে তড়িৎ-সংঘাতে উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইডকে (NO) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে (NO_2) পরিণত করিয়া জলীয় বাষ্পের সংযোগে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী হয়। এই পদ্ধতিতে 30% ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী হয় [illegible]য়া এই পদ্ধতিও বর্তমানে বিশেষ প্রচলিত নয়। (iii) **অস্টওয়াল্ড পদ্ধতি বা অ্যামোনিয়া জারণ পদ্ধতি** (Ostwald or Ammonia-oxidation process) [illegible]নুঘটকের সাহায্যে অ্যামোনিয়াকে পর্যায়ক্রমে নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

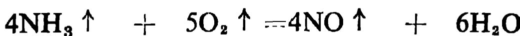
[illegible] **অ্যামোনিয়া-জারণ বা অস্টওয়াল্ড পদ্ধতি** (Ostwald or Ammonia oxidation process) ঃ নাইট্রো[illegible] হাইড্রোজেন সরাসরি সংযুক্ত করিয়া অ্যামো[illegible] করার উপায় উদ্ভাবন করেন বিজ্ঞানী [illegible] (Haber) এবং সেই [illegible] নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করার প্রণালী আবিষ্কার করেন অপর একজন জার্মান বিজ্ঞানী, অস্টওয়াল্ড (Ostwald)। **বর্তমানে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করার ইহাই প্রধান প্রণালী।** ইহাকে অনুঘটক পদ্ধতিও বলা যায়।



অস্টওয়াল্ড বা অ্যামোনিয়া জারণ প্রণালীতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

রাসায়নিক পদ্ধতি (Chemical process)ঃ (i) এই প্রণালীতে প্রথমে একভাগ বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়ার সঙ্গে আয়তন হিসাবে প্রায় আট ভাগ বিশুদ্ধ বায়ু মিশানো হয়। এই মিশ্রণটি প্লাটিনাম ধাতুর তারজাল-ভরা (platinum gauze) একটি ধাতু-নির্মিত কক্ষে (chamber) পাঠানো হয়।

(ii) এই কক্ষে প্লাটিনাম তারজাল 700°C—900°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত রাখা হয়। এই উত্তপ্ত প্লাটিনামের **তারজাল অনুঘটকের** (catalyst) কাজ করে এবং ইহার সংস্পর্শে 90% অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। এই কক্ষটিকে তাই বলা হয় **অনুঘটন কক্ষ** (catalyst chamber)। অ্যামোনিয়ার নাইট্রোজেন পরমাণুর বায়ুর অক্সিজেন পরমাণু সঙ্গে মিশিয়া **নাইট্রিক অক্সাইড** (NO) তৈরী করে এবং ইহার হাইড্রোজেন অক্সিজেনের সঙ্গে মিশিয়া তৈরী করে জল। বিক্রিয়াঃ



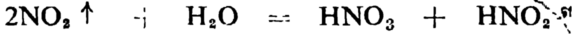
$$4NH_3\uparrow \quad + \quad 5O_2\uparrow = 4NO\uparrow \quad + \quad 6H_2O$$

(iii) **অনুঘটন কক্ষের** মধ্যে নাইট্রিক অক্সাইড তৈরী হওয়ার পরেও বায়ুর অক্সিজেন উদ্বৃত্ত থাকে। এই উত্তপ্ত নাইট্রিক অক্সাইড ও উদ্বৃত্ত বায়ু আর একটি শূন্য কক্ষে পাঠানো হয়। এই শূন্য কক্ষ বা **জারক টাওয়ারে** (oxidising tower) নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুর অবশিষ্ট অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া **নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড** রূপে জারিত হয়। বিক্রিয়াঃ



$$2NO\uparrow \quad + \quad O_2 \quad = \quad 2NO_2\uparrow \quad \text{(নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড)}$$

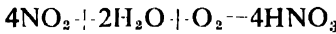
(iv) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড এবং অতিরিক্ত বায়ু একটি কোয়ার্টজ পাথর-কুচি-ভরা টাওয়ারের মধ্যে তলার . .ক হইতে প্রবাহিত হয় এবং উপর হইতে শীতল জলধারা ঝরানো হয়। নিম্নগামী জলধারার সঙ্গে উর্ধ্বগামী নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে গ্যাস মিশ্রিত হইয়া তৈরী হয় নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রাস অ্যাসিড। বিক্রিয়া ঃ



$$2NO_2\uparrow + H_2O = HNO_3 + HNO_2$$

(v) নাইট্রাস অ্যাসিড প্রথমে দুইটি টাওয়ারে বিয়োজিত হইয়া নাই... অ্যাসিড ও নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। বিক্রিয়া ঃ $3HNO_2 = HNO_3 + 2NO + ...$

...ই নাইট্রিক অক্সাইড পুনবায় অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া নাইট্রোজেন ... ...াইডে পরি... এবং জলধারার বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। বিক্রিয়া ঃ



$$4NO_2 + 2H_2O + O_2 = 4HNO_3$$

...মিশ্রিত থাকে বলিয়া এই অ্যাসিড বেশ লঘু। এই লঘু অ্যাসিডকে 120°C তা... ...য়া 98% করা যায়। ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করার জন্য ঘন সাল...রিক অ্যাসিডের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া পাতিত করা হয়।

13. **নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার**ঃ ইহা (i) ল্যাবরেটারীর বিকারকরূপে ব্যবহার করা হয়। (ii) নাইট্রিক অ্যাসিড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের জৈবযৌগ গ্লিসারিণের সঙ্গে বিক্রিয়ায়—**নাইট্রোগ্লিসারিণ** বিস্ফোরক; নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে কটন-উল (cotton wool) বা সেলুলজ দ্রবীভূত করিয়া ধূম্রহীন **গান-কটন** (gun-cotton) এবং জৈব তরল টলুইন ও নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া ট্রাই-নাইট্রো-টলুইন (T.N.T.) নামের অতি বিস্ফোরক পদার্থ তৈরী করার জন্য এবং ইহা চারকোল ও সালফারের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া বন্দুকের গুলি তৈরী করার জন্য ব্যবহৃত হয়। (iii) রঙ, ওষুধ, কৃত্রিম সিল্ক ও সার তৈরী করার জন্য এই অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। (iv) সোনা ও প্লাটিনাম দ্রবীভূত করা (অম্লরাজ) এবং ফটোগ্রাফীর প্লেট তৈরী করার কাজে, সিলভার নাইট্রেট প্রস্তুতির জন্যও নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

সালফিউরিক অ্যাসিডের বাণিজ্যিক উৎপাদন ঃ

বৃহদায়তনে বা বাণিজ্যিক প্রয়োজনে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করা হয় দুই পদ্ধতিতে,—(i) **চেম্বার পদ্ধতিতে** (chamber process) এবং (ii) **সংযোগ (বা সংস্পর্শ) বা সংশ্লেষণী পদ্ধতিতে** (contact or synthetic process)। চেম্বার পদ্ধতিতে লঘু অ্যাসিড উৎপাদিত হয় বলিয়া এরূপ পদ্ধতি বর্তমানে প্রায় অপ্রচলিত এবং পদ্ধতিটি পাঠ্যক্রমের অন্তর্ভুক্ত নয়।

বর্তমানে প্রধানতঃ সংযোগ বা সংস্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের বাণিজ্যিক উৎপাদন করা হয়।

13·6. সংস্পর্শ পদ্ধতি (Contact process)): সংস্পর্শ পদ্ধতিকেও কয়েকটি ভাগে ভাগ করা যায়। যথা: (i) রাসায়নিক বিক্রিয়া, (ii) বিক্রিয়ার সতর্কতা (iii) উপকরণ ও যান্ত্রিক সরঞ্জাম এবং (iv) উৎপাদন প্রক্রিয়া।

(i) **রাসায়নিক বিক্রিয়া** (Chemical reactions): সাধারণ অবস্থায় সালফার ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে অক্সিজেনের কোন বিক্রিয়া ঘটে না। কিন্তু একক্রভাবে **তপ্ত প্লাটিনাম** অথবা তপ্ত ভেনেডিয়ামের **পেন্টক্সাইড অনুঘটকরূপে** ব্যবহার করিয়া এই অনুঘটকের সংস্পর্শে সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের বিক্রিয়া ঘটাইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইড তৈরী করা হয়। বিক্রিয়া: $2SO_2+O_2=2SO_3+45,000$ ক্যালরি (calorie): এই সালফার ট্রাই-অক্সাইড জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় তৈরী করে সালফিউরিক অ্যাসিড। বিক্রিয়া: $SO_3+H_2O=H_2SO_4$

(ii) **বিক্রিয়ার সতর্কতা** (precautions of reaction): সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের সংযোগে সালফার ট্রাই-অক্সাইড তৈরী করার জন্য [illegible] অর্থাৎ সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন **শুষ্ক** এবং **পরিস্রুত** করিয়া ধূলা, বালি, সীসা, ফার, আরসেনিক কণা ইত্যাদি হইতে মুক্ত রাখা হয়। অন্যথায় ময়লার সংস্পর্শে অনুঘটকের ক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায়, অর্থাৎ **অনুঘটক বিষাক্ত** (poisoned) হইয়া যায়; (খ) বিক্রিয়াটি তাপ উৎপাদক বলিয়া অনুঘটক কক্ষের তাপ কমাইয়া 450°C তাপমাত্রার কাছাকাছি স্থির রাখা হয়। (গ) সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ ক্রিয়া সম্পাদনের জন্য অক্সিজেন বেশিমাত্রায় সরবরাহ করা হয়। এই শর্ত কয়টি পূর্ণ হইলে তবেই সংস্পর্শ-পদ্ধতিতে পর্যাপ্ত সালফার ট্রাই-অক্সাইড তৈরী করা সম্ভব।

(iii) **রাসায়নিক উপকরণ** (Chemicals) **ও যান্ত্রিক সরঞ্জাম** (plants): এই পদ্ধতির রাসায়নিক উপকরণ—সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2). অক্সিজেন (O_2) এবং অনুঘটক। ইহাই যান্ত্রিক সরঞ্জাম—1. সালফার উনান, 2. বাষ্প কক্ষ, 3. জল নির্ঝর কক্ষ, 4. অ্যাসিড নির্ঝর কক্ষ, 5. সংস্পর্শ কক্ষ এবং 6. শোষক কক্ষ।

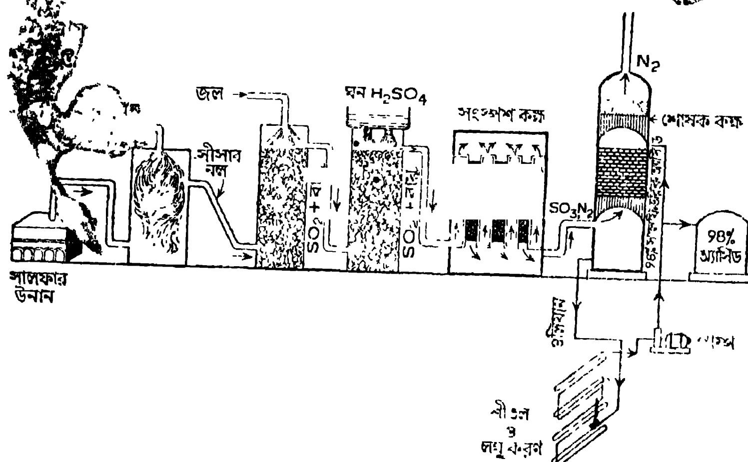
(iv) **উৎপাদন বিক্রিয়া** (Production process): সালফার **উনানে** (1) সালফার অথবা পিরাইটিস পোড়াইয়া তৈরী করা হয় সালফার ডাই-অক্সাইড। এই সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস পাঠানো হয় **বাষ্প-কক্ষে** (2)। বাষ্প-কক্ষের বাষ্পে বিধৌত (washing) হইয়া এই গ্যাস (SO_2) অনেকাংশে পরিস্রুত হয়। আংশিক পরিস্রুত সালফার ডাই-অক্সাইডকে অধিকতর পরিস্রুত করার জন্য আবার পাঠানো হয় **জল-নির্ঝর কক্ষে** (3)।

এই দ্বিতীয় কক্ষে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে ও বায়ুকে জলের নির্ঝরিত ধারায় ধুইয়া সম্পূর্ণভাবে ময়লা মুক্ত করা হয়। এই জল-নির্ঝর কক্ষটি পাথরকুচি দ্বারা ভরা থাকে। এই কক্ষের উপর হইতে জল ঝরানো হয় এবং নীচের দিক হইতে পাঠানো হয় সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস। কিন্তু এই কক্ষ হইতে নির্গত হওয়ার সময় এই গ্যাস (SO_2) জলধারায় সিক্ত হইয়া

যায়। তাই এই সিক্ত সালফার ডাই-অক্সাইডকে শুষ্ক করা হয় পরবর্তী ঘন সালফিউরিক **অ্যাসিড নির্ঝর কক্ষে** (4)।

এই অ্যাসিড-নির্ঝর-কক্ষটিও পাথর কুচিতে ভরা থাকে। এই কক্ষে ঝরানো হয় ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড এবং কক্ষটিতে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও বায়ু প্রবেশ করে নীচে স্থাপিত আগম-নলের মাধ্যমে। ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড এই গ্যাসের (SO_2) সঙ্গে মিশ্রিত জলীয় বাষ্প শুষিয়া লইয়া গ্যাসটিকে বিশুদ্ধ করিয়া দেয়। শেষ বিন্দু অ্যাসিড-বাষ্প দূরীকরণের জন্য এই গ্যাস কোক-ফিলটারের ভিতর দিয়া চালাইয়া বিশুদ্ধ করা হয়।

এই বিশুদ্ধ ও পরিস্রুত সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও বায়ু শেষ পর্যায়ে প্রবেশ করে **সংস্পর্শ-কক্ষে** (5)। এই কক্ষের তাপমাত্রা প্রায় 450°C এবং কক্ষটি ভরা থাকে [illegible]ক।



সংস্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

অ্যাসবেস্টসের উপরে প্লাটিনামের আস্তরণ ফেলিয়া অথবা ভেনেডিয়াম পেন্টক্সাইডযুক্ত কোন অনুঘটক তৈরী করা হয়। এই সংস্পর্শে বা অনুঘটক-কক্ষে সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) বায়ুর সাহায্যে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে (SO_3) পরিণত হয়।

অ্যাসিডের ঘনত্ব (Concentration of acid)ঃ এই সালফার ট্রাই-অক্সাইড পাঠানো হয় একটি **শোষক কক্ষে** (6)। এই কক্ষের পাশ দিয়া প্রবেশ করে সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3) এবং উপর হইতে নামে 98% H_2SO_4 অ্যাসিডের ধারা। ফলে কক্ষের তলায় **ওলিয়াম বা ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড জমে।** ইহার সহিত উপযুক্ত পরিমাণ জল মিশাইয়া বাণিজ্যিক 98% সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয়।

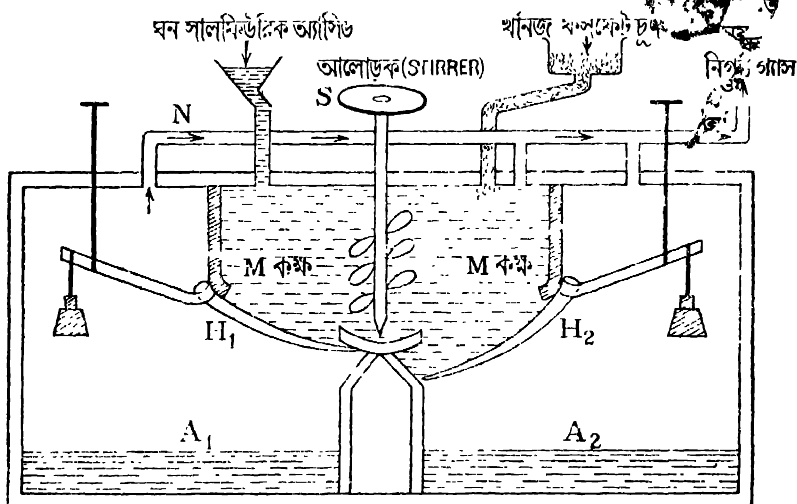
13·7. ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড (Fuming Sulphuric Acid)ঃ
98 শতাংশ সালফিউরিক অ্যাসিড-ভরা পাত্রে শুধু যদি সালফার ট্রাই-অক্সাইড প্রবাহিত করান হয়

তবে একরকম তৈলাক্ত ও ধূমায়মান তরল তৈরী হয়। এইরূপ তরল বস্তুটিকে বলা হয় **ওলিয়াম (oleum)** বা **ধূমায়মান (fuming) সালফিউরিক অ্যাসিড।**

সুপার ফসফেট (Super phosphate)

ক্যালসিয়াম ফসফেট খনিজ বা অস্থিজ [$Ca_3(PO_4)_2$] ফসফেট-সারের **প্রধান** উপাদান। এই ক্যালসিয়াম ফসফেট পাওয়া যায়, (ক) প্রাণীর অস্থি বা হাড়রূপে [$Ca_3(PO_4)_2$] এবং (খ) খনিজ ফসফেট রূপে। যথাঃ (i) ফসফোরাইট $Ca_3(PO_4)_2$]; ক্লোর্যাপাটাইট [$3Ca_3(PO_4)_2, CaCl_2$] এবং ফ্লোর-অ্যাপাটাইট [$3Ca_3(PO_4)_2, CaF_2$]; এবং (গ) লৌহের ধাতুমল (slag) রূপে; কিন্তু এরূপ ক্যালসিয়াম ফসফেটকে জমি সরাসরি গ্রহণ করিতে পারে না। তাই ক্যালসিয়াম ফসফেটকে **দ্রবণীয় সুপার ফসফেটে** পরিণত করা হয়।

13·8. রাসায়নিক বিক্রিয়া ঃ অদ্রবণীয় খনিজ বিক্রিয়ার মাত্রা অনুযায়ী ফসফেট পরিমিত (calculated) মাত্রায় 70% ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া প্রায়



ক্যালসিয়াম সুপার ফসফেট প্রস্তুতি

48 ঘন্টা পর্যন্ত এই মিশ্রণকে রাখিয়া দেওয়া হয়। এরূপ বিক্রিয়ায় **অদ্রবণীয়** প্রশমিত ফসফেট দ্রবণীয় অ্যাসিড ফসফেট লবণে পরিণত হয়। বিক্রিয়া ঃ



$$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2SO_4 = [2CaSO_4, 2H_2O + Ca(H_2PO_4)_2]$$

অদ্রবণীয় Ca — ফসফেট দ্রবণীয় Ca — ডাই-হাইড্রোজেন ফসফেট এবং অদ্রবণীয় $CaSO_4$-এর মিশ্রণ

এই দ্রবণীয় ক্যালসিয়াম ডাই-হাইড্রোজেন ফসফেট এবং অদ্রবণীয় আর্দ্র ক্যালসিয়াম সালফেটের বিচূর্ণ মিশ্রণকে [$Ca(H_2PO_4)_2 + 2CaSO_4, 2H_2O$] **বলা**

হয় ক্যালসিয়ামের সুপার ফসফেট (Super phosphate of lime); সমপরিমাণ মত সালফিউরিক অ্যাসিড (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·45—1·60) এবং খনিজ ফসফেট চূর্ণ, কাস্ট আয়রণের (cast iron) তৈরী M-কক্ষে ঢালা হয়। এই মিশ্রণ কক্ষে যান্ত্রিক আলোড়ক (S) দ্বারা প্রায় 5 মিনিট ফসফেট চূর্ণ ও সালফিউরিক অ্যাসিডে মিশ্রিত করিয়া M-কক্ষের তলায় স্থাপিত H_1 বা H_2 ঢাকনী সরাইয়া এই মিশ্রণ A_1 বা A_2 কক্ষে ফেলা হয়। এক একবার প্রায় 3—4 টন ফসফেট চূর্ণ ও অ্যাসিডমিশ্রণ মিশ্রণ কক্ষে ঢালা হয়। এই A_1 ও A_2 কক্ষে এরূপ মিশ্রণ 24—48 ঘন্টা রাখিয়া দেওয়া হয়। মিশ্রণে বিক্রিয়া ঘটার ফলে A_1 ও A_2 কক্ষের মধ্যে প্রায় 100°—110°C তাপমাত্রা হয়। M-কক্ষের এবং A_1 ও A_2 কক্ষ হইতে N-পাইপের মাধ্যমে বিক্রিয়াজাত গ্যাস নির্গত হইয়া যায়। ফসফরাসের খনিজ চূর্ণে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, ক্যালসিয়াম ফ্লুরাইড, সিলিকা ইত্যাদি থাকে বলিয়া এরূপ বিক্রিয়ায় হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড (HF), সিলিকন টেট্রাফ্লুরাইড (SiF_4), কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2), হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) ইত্যাদি উৎপন্ন হয় এবং ইহারা বাষ্পাকারে নির্গম-নল (N) দ্বারা নির্গত হইয়া যায়। এই গ্যাসগুলি জলের ঝর্ণাধারায় দ্রবীভূত করিয়া এবং ইহাদের মধ্যে সোডিয়াম বা ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট মিশ্রিত করিয়া উপজাত পদার্থরূপে সোডিয়াম বা ম্যাগনেসিয়াম সিলিকোফ্লুরাইড (Na_2SiF_6 বা $MgSiF_6$) সংগ্রহ করা হয়।

A_1 ও A_2-কক্ষ পরপর সুপার ফসফেট মিশ্রণে পূর্ণ হইলে ইহা কয়েকদিন ফেলিয়া রাখা হয়। এই মিশ্রণ ক্রমশঃই শুকাইয়া ঝাঝরা (porous) পিণ্ড পরিণত হইলে এরূপ সুপার ফসফেট A_1 বা A_2 কক্ষ হইতে বাহির করিয়া লওয়া হয়। এই ভাবে পর পর A_1 এবং A_2-কক্ষ ব্যবহার করিয়া সুপার ফসফেট উৎপাদন অবিচ্ছিন্ন রাখা হয়।

13·9. ট্রিপল সুপার ফসফেট (Triple Super Phosphate): লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ঘন ফসফরিক অ্যাসিড ও ক্যালসিয়াম ফসফেট চূর্ণ মিশ্রিত করিয়া বিক্রিয়া ঘটাইলে ট্রিপল-সুপার ফসফেট তৈরী হয়। এরূপ সারে ফসফরাসের পরিমাণ তিনগুণ বৃদ্ধি পায়।

কয়লার অন্তর্ধূম পাতন (Destructive distillation of coal)

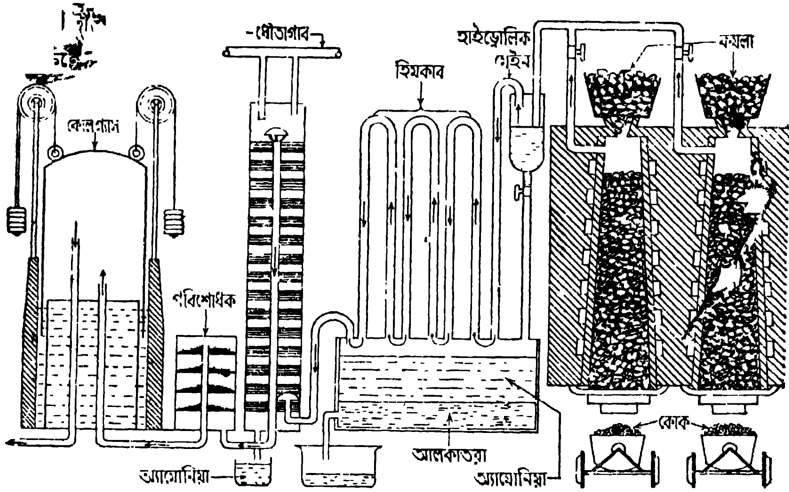
রেভারেণ্ড জন ক্লেটন নামে এক বৃটিশ পাদ্রী প্রথমে 1688 খ্রীষ্টাব্দে কয়লার অন্তর্ধূম পাতন পদ্ধতি আবিষ্কার করেন। 1793 খ্রীষ্টাব্দে মারডক নামে আর এক ইংরেজ বার্মিংহামে কোল-গ্যাসের প্রথম কারখানা স্থাপন করেন। 1812 খ্রীষ্টাব্দে কোলগ্যাস দ্বারা সর্বপ্রথম লণ্ডনের রাস্তা আলোকিত করা হয়।

কয়লার অন্তর্ধূম পাতনের ফলে প্রাপ্ত পদার্থ—(i) **অনুদ্বায়ী** (non-volatile) পদার্থ তথা অবশেষ (residue) রূপে পাওয়া যায়: (ক) **কোক** এবং (খ) **কার্বন-গ্যাস**

(ii) **উদ্বায়ী** (volatile) **পদার্থরূপে** পাওয়া যায় ঃ (ক) **অ্যামোনিয়া,** (খ) **আলকাতরা** ও (গ) **কোল গ্যাস** বা কয়লার গ্যাস।

কয়লার অন্তর্ধূম পাতন ক্রিয়ার ফলে রিটর্ট বা পাতন পাত্রের তলায় **অবশিষ্টরূপে** পড়িয়া থাকে **কোক** এবং পাতন পাত্রের দেওয়ালে সঞ্চিত হয় **গ্যাস কার্বন**। এরূপ অনুদ্বায়ী অবশেষ উভয়েই কঠিন পদার্থ।

13·10 পাতিত অংশ (Distillate) ঃ পাতিত উদ্বায়ী অংশ গ্যাসরূপে নির্গত হইয়া পর পর দুইটি হিমকারে প্রবেশ করে। এই হিমকারের শীতলতায় উদ্বায়ী পদার্থের একাংশ



কয়লার অন্তর্ধূম পাতন ঃ অ্যামোনিয়া, আলকাতরা ও গ্যাস উৎপাদন

(i) তরল অ্যামোনিয়া এবং অপরাংশ (ii) ঘন তরল আলকাতরারূপে গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হয়। উদ্বায়ী পদার্থের বাকী অংশ (iii) কোল গ্যাস। এই কোল গ্যাস অবিশুদ্ধ। ইহা প্রথমে নির্ঝর স্তম্ভ হইতে (water shower) **নির্ঝরিত জলে ধুইয়া** এবং পরে **হাইড্রেটেড ফেরিক অক্সাইডের** ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া বিশুদ্ধ করা হয়। এই বিশুদ্ধ গ্যাস কোল গ্যাস নামক জ্বালানীরূপে ব্যবহার করা হয়।

13·11. অবশেষ (Residue) ঃ এরূপ অন্তর্ধূম পাতনের ফলে রিটর্টে অবশিষ্টরূপে পড়িয়া থাকে অনুদ্বায়ী পদার্থ **কোক** (coke) এবং রিটর্টের দেওয়ালে সঞ্চিত হয় **গ্যাস কার্বন** (gas-carbon) নামের অঙ্গার।

13·12. অন্তর্ধূম পাতনের পদ্ধতি (Process of destructive distillation) ঃ (i) বর্তমানে অগ্নিসহ মৃত্তিকা (fire clay) দ্বারা তৈরী রিটর্টে ভরিয়া প্রায় 1000°C তাপমাত্রায় প্রডিউসার গ্যাস নামের একরকম গ্যাসীয় জ্বালানী দ্বারা সাধারণত বিটুমিনাস কয়লা উত্তপ্ত করা হয়।

(ii) **অ্যামোনিয়া ও আলকাতরা সংগ্রহ ঃ** উদ্বায়ী অংশ প্রধানত কোল গ্যাস এবং এই গ্যাসের সঙ্গে অন্যান্য দ্রব্য মিশ্রিত থাকে। কোল গ্যাসের সঙ্গে মিশ্রিত এরূপ অন্যান্য উদ্বায়ী পদার্থের প্রথমাংশ পাতন যন্ত্রের জলাধারে বা হাইড্রলিক মেইনে (hydraulic main) এবং দ্বিতীয় অংশ হিমকার বা কণ্ডেন্সারে সঞ্চিত হয়। হাইড্রলিক মেইন বা জলাধারে এবং হিমকারে সঞ্চিত হয় অ্যামোনিয়া ও আলকাতরা। এরূপ জলে দ্রবীভূত ঘন অ্যামোনিয়া দ্রবণকে বলা হয় **অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার।**

(iii) **কোল গ্যাস পরিশোধন ঃ** প্রায় 1000°C তাপমাত্রায় রিটর্টে আবদ্ধ করিয়া **বিটুমিনাস জাতীয় কয়লা** উত্তপ্ত করিলে রিটর্টে পড়িয়া থাকে কোক ও গ্যাস কার্বন। হিমকার বা কণ্ডেন্সারে সঞ্চিত হয় অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার ও আলকাতরা এবং অবশিষ্ট অংশ কোল গ্যাসরূপে নির্গত হয়। কোল গ্যাসের সঙ্গে অবাঞ্ছিত গ্যাসীয় ময়লারূপে (impurities) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন (H_2S) গ্যাসও মিশ্রিত থাকে। হিমকার ত্যাগ করিয়া কোলগ্যাস প্রবেশ করে জলীয় ধৌতাগারে (washer)। এখানে বাকী অ্যামোনিয়া এবং আংশিকভাবে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন নির্ঝরিত জলের ধারায় দ্রবীভূত হয়। সালফারের বাকী গ্যাস অপসারিত করা হয় পরিশোধক (purifier) প্রকোষ্ঠে। এখানে ফেরিক হাইড্রক্সাইডের [$Fe(OH)_3$] সঙ্গে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় ফেরিক সালফাইড (Fe_2S_3) গঠিত হয় [$2Fe(OH)_3+3H_2S=Fe_2S_3+6H_2O$]। এই সালফাইডকে শিল্পের ভাষায় বলা হয় আয়রন অক্সাইডের অবশেষ বা **স্পেন্ট অক্সাইড অব আয়রন** (spent oxide of iron)। অনেক ক্ষেত্রে ফেরিক হাইড্রক্সাইডের পরিবর্তে অথবা একই সঙ্গে কিছু কলিচুন [$Ca(OH)_2$] বিভিন্ন গ্যাসের (H_2S, CO_2, HCN, CS_2 ইত্যাদি) শোষকরূপে ব্যবহার করা হয়। এই বিক্রিয়ার অবশেষকে **স্পেন্ট লাইম** (spent lime) বলা হয়। বিক্রিয়া ঘটে ঃ

$$Ca(OH)_2+2H_2S=Ca(HS)_2+2H_2O\ ;\quad Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3+H_2O$$

ইহার পরে অবাঞ্ছিত পদার্থ-মুক্ত **কোল গ্যাস** গ্যাস-হোল্ডার বা গ্যাস-গ্রাহকে সংগ্রহ করা হয়।

13·13. কোল গ্যাসের গঠন (Composition of coal gas) ঃ

প্রায় 1000°C তাপমাত্রায় রিটর্টে আবদ্ধ করিয়া বিটুমিনাস জাতীয় কয়লা উত্তপ্ত করিলে উদ্বায়ী অংশরূপে পাওয়া যায় অশুদ্ধ কোল গ্যাস। ইহা জলে ধুইয়া ও ফেরিক অক্সাইডের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া বিশুদ্ধ করার পরে কোল গ্যাসের গঠন হয় নিম্নরূপ ঃ

(ক)	অপ্রদীপ্ত শিখারূপে দাহ্য গ্যাস **জ্বালানী গ্যাস** (Fuel gas)	হাইড্রোজেন (H_2) ..	43—55%
		মিথেন (CH_4) ..	25—35%
		কার্বন মনক্সাইড (CO) ..	4—11%
(খ)	দীপ্ত শিখারূপে দাহ্য গ্যাস **আলোকদায়ী গ্যাস** (Illuminant gas)	অ্যাসিটিলিন, ইথিলিন, বেঞ্জিন [C_2H_2, C_2H_4, C_6H_6] ..	2·5—5%
(গ)	অদাহ্য অংশ **লঘুকারী গ্যাস** (Dilutent gas)	নাইট্রোজেন (N_2)	2—12%
		কার্বন-ডাই-অক্সাইড (CO_2)	0—3%
		অক্সিজেন (O_2) ..	0—1·5%

13·14. গ্যাসীয় জ্বালানী (Gaseous fuel) ঃ কোন কোন পেট্রোলিয়াম খনিতে **প্রাকৃতিক গ্যাস** (natural gas) রূপে গ্যাসীয় জ্বালানী পাওয়া যায়।

এক সময় রাশিয়ার ককেসিয়া এবং আমেরিকার যুক্তরাষ্ট্রে, এরূপ প্রাকৃতিক গ্যাস হইতে প্রজ্বলিত প্রাকৃতিক গ্যাসাগ্নিকে পবিত্র অগ্নিরূপে পূজা করা হইত। ভারতের কোনো কোনো তীর্থস্থানের কুণ্ডে প্রাকৃতিক অগ্নি দেখা যায়। ইহা প্রাকৃতিক গ্যাসের প্রজ্বলন ছাড়া আর কিছুই নয়। আমেরিকায় প্রচুর পরিমাণে এই প্রাকৃতিক গ্যাস সংগ্রহ করিয়া জ্বালানী রূপে ব্যবহার করা হয়।

(a) **প্রডিউসার বা প্রযোজক গ্যাস ঃ** অগ্নিতপ্ত কয়লার উপর 1000°C তাপমাত্রায় নিয়ন্ত্রিত পরিমাণে বায়ুপ্রবাহ চালাইয়া এই গ্যাস তৈরী করা হয়। এই গ্যাসের মূল উপাদান কার্বন মনক্সাইড (CO) এবং নাইট্রোজেন (N_2)। এরূপ গ্যাস তৈরী করা হয় অগ্নিসহ মৃত্তিকার প্রলেপ দেওয়া প্রডিউসার নামে ইস্পাতের তৈরী চুল্লীতে।

ব্যবহার ঃ এই গ্যাস একটি পরিচ্ছন্ন গ্যাস এবং স্বল্প খরচে তৈরী করা যায়। ইহাতে অদাহ্য নাইট্রোজেন গ্যাস বেশী থাকে বলিয়া ইহার তাপ-সৃষ্টি করার ক্ষমতা কম। ইহা প্রধানত জ্বালানী গ্যাসরূপে ও বিজারকরূপে ব্যবহার করা হয়। ধাতু নিষ্কাশন ক্রিয়ায় এবং কোল গ্যাস উৎপাদনে এবং অনেক সময় মোটর চালাইবার জন্যও এই গ্যাস ব্যবহার করা হয়।

(b) **ওয়াটার বা উদক গ্যাস ঃ** ইহা তৈরী করা হয় লোহিত-তপ্ত (প্রায় 1400°C) কয়লা বা কোকের উপরে জলীয় বাষ্প চালাইয়া। এই গ্যাসের মূল উপাদান প্রায় সম-আয়তনে প্রাপ্ত কার্বন মনক্সাইড (CO) ও হাইড্রোজেন (H_2)। ইহা তৈরী করার জন্য প্রডিউসার গ্যাসের ন্যায় একই ধরণের চুল্লী ব্যবহার করা হয়।

ব্যবহার ঃ কার্বন মনক্সাইড ও হাইড্রোজেন উভয় গ্যাসই দহনশীল বলিয়া ওয়াটার গ্যাসের তাপসৃষ্টির ক্ষমতা প্রডিউসার গ্যাসের দ্বিগুণ। কিন্তু কার্বন মনক্সাইডের অস্তিত্বের জন্য এই গ্যাস বিষাক্ত। ইহাকে কোলগ্যাসের সহিত মিশাইয়া সহরের জ্বালানী গ্যাস ও আলোকদায়ী গ্যাসরূপে ব্যবহার করা হয়। এই গ্যাস হইতে বাণিজ্যিক পদ্ধতিতে বৃহদায়তনে হাইড্রোজেনও তৈরী করা হয়। অনেক ক্ষেত্রে ধাতু নিষ্কশনের জন্যও ইহা ব্যবহার করা হয়।